This is a reproduction of a library book that was digitized by Google as part of an ongoing effort to preserve the information in books and make it universally accessible.

Google™ books

https://books.google.com

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

Princeton University Library
32101 049823048

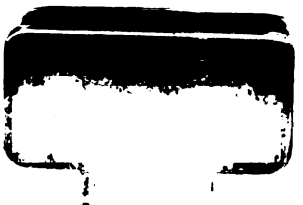
Digitized by Google

ST
9280
763
1,pt.1
917

ANNEX LIB.

Library of

Princeton University.



Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

ORGANE DE L'UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITE

DIRECTEUR

J. BLONDIN, AGRÉGÉ DE L'UNIVERSITÉ

RÉDACTEUR EN CHEF

Alfred SOULIER, EXPERT PRÈS LE TRIBUNAL CIVIL DE LA SEINE.

TOME PREMIER

6 Janvier 1917 — 30 Juin 1917

PARIS

AUX BUREAUX DE LA REVUE

12, PLACE DE LABORDE (8e ARRt)

—

1917

Digitized by Google

CONSEIL D'ADMINISTRATION

PRÉSIDENT

CORDIER Gabriel. — Président de l'Union des Syndicats de l'Electricité.

VICE-PRÉSIDENTS

LEGOUEZ Raynald. — Membre de la Chambre de Commerce de Paris. —Administrateur des Ateliers de Constructions électriques du Nord et de l'Est.

MEYER Ferdinand. — Président d'honneur du Syndicat professionnel des Producteurs et Distributeurs d'Energie électrique. — Directeur de la Compagnie Continentale Edison.

ADMINISTRATEURS

BIZET Paul. — Président du Syndicat professionnel des Producteurs et Distributeurs d'Energie électrique. — Administrateur de la Compagnie Générale d'Electricité.

BERTHELOT Daniel. — Membre de l'Académie de Médecine. — Président du Syndicat professionsel des Producteurs de Distributeurs d'Énergie électrique. — Président du Conseil d'Administration de la Société d'Electricité de Paris.

BRYLINSKI Emile. — Président d'honneur du Syndicat professionnel des Producteurs et Distributeurs d'Energie électrique. — Directeur du Triphasé (Nord-Lumière).

CAHEN Henri. — Vice-Président du Syndicat professionnel des Producteurs et Distributeurs d'Energie électrique. — Administrateur délégué du Sud Electrique.

DUVAL Charles. — Directeur des Services Electriques de la Société Générale d'Entreprises.

ESCHWEGE Paul. — Président d'honneur du Syndicat professionnel des Producteurs et Distributeurs d'Energie électrique. — Directeur de la Société d'Eclairage et de Force par l'Electricité.

FONTAINE Eugène. — Secrétaire général du Syndicat professionnel des Producteurs et Distributeurs d'Energie électrique. — Secrétaire de l'Union des Syndicats de l'Electricité.

GAUTHIER-VILLARS Albert. — Editeur. — Ancien élève de l'Ecole Polytechnique.

GIRARDEAU Emile. — Ingénieur. Ancien élève de l'Ecole Polytechnique. — Administrateur directeur technique de la Société Française Radio-Electrique.

LEVI Lazare. — Directeur général de la Société l'Eclairage Electrique.

MASSE René. — Président du Syndicat professionnel de l'Industrie du gaz. — Ingénieur civil des Mines, ancien élève de l'Ecole Polytechnique.

MAZEN Natalis. — Ingénieur en chef du Matériel et de la Traction des Chemins de fer de l'Etat — Professeur à l'Ecole Supérieure d'Electricité.

MEYER Marcel. — Président du Syndicat professionnel des Industries Electriques. — Directeur de la Compagnie Générale des travaux d'Eclairage et de Force (Etablissements Clemançon).

MICHEL Charles. — Directeur de la Compagnie pour la Fabrication des Compteurs et Matériel d'usines à gaz.

PARÉ Marcel. — Ingénieur en chef de la Compagnie Française d'Éclairage et de Chauffage.

PETIT Joseph. — Administrateur délégué de l'Omnium Lyonnais de Chemins de fer et Tramways. — Administrateur de la Société Anonyme Westinghouse.

SAUREL Maurice. — Docteur en droit. — Directeur général adjoint de la Compagnie Française Thomson-Houston.

TICIER Armand. — Directeur de la Société d'Eclairage Electrique de Bordeaux et du Midi.

COMMISSAIRES DES COMPTES

DURANGEL George. — Secrétaire général de l'Energie Electrique du Littoral Mediterranéen.

DIEUDONNÉ Jules. — Chef de la comptabilité des Tramways de Paris et du Département de la Seine.

DIRECTEUR

J. BLONDIN. — Agrégé de l'Université.

RÉDACTEUR EN CHEF

SOULIER Alfred. — Expert près le Tribunal civil de la Seine.

Digitized by Google

COMITÉ DE RÉDACTION

PRÉSIDENT

Blondel, André, Membre de l'Institut, Professeur à l'École des Ponts et Chaussées.

VICE-PRÉSIDENTS

Brylinski, E., Président d'honneur du Syndicat des Producteurs de Distributeurs d'Énergie électrique, Président de la Société Internationale des Électriciens et du Comité Électrotechnique français.

Janet, Paul, Professeur à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris, Directeur du Laboratoire Central et de l'École Supérieure d'Électricité.

Leblanc, Maurice, Président de la Commission Électrotechnique Internationale, Ingénieur conseil.

SECTION SCIENTIFIQUE et TECHNIQUE

d'Arsonval, A., Membre de l'Institut, Professeur au Collège de France.

Deprez, Marcel, Membre de l'Institut, Professeur au Conservatoire National des Arts et Métiers.

Lippmann, G., Membre de l'Institut, Professeur à la Faculté des Sciences de Paris.

Violle, J., Membre de l'Institut, Professeur au Conservatoire National des Arts et Métiers.

Berthelot, Daniel, Membre de l'Académie de Médecine, Président du Conseil d'administration de la Société d'Électricité de Paris.

Bergonié, Dr J.-A., Membre correspondant de l'Institut, Professeur à la Faculté de Médecine de Bordeaux.

Guillaume, Ch. Edouard, Membre correspondant de l'Institut, Directeur du Bureau Central des Poids et Mesures.

Barbillion, L.-C., Professeur à l'Université de Grenoble, Directeur de l'Institut Electrotechnique de Grenoble.

Becker, J., licencié ès sciences.

Bethenod, J., Ingénieur en chef de la Société Française Radio Électrique.

Bion, Lieutenant de vaisseau.

Boucherot, P., Professeur à l'École de Physique et de Chimie industrielle de la ville de Paris.

Brillouin, M., Professeur au Collège de France.

Broca, A., Professeur agrégé de physique à la Faculté de médecine, Répétiteur à l'École Polytechnique.

Camichel, C., Professeur à la Faculté des Sciences, Directeur de l'Institut électrotechnique de Toulouse.

Chaumat, H., Sous-directeur de l'École Supérieure d'Électricité.

Dennery, A., Inspecteur général des Postes et Télégraphes, Directeur de l'École professionnelle Supérieure des Postes et Télégraphes.

Devaux-Charbonnel, X., Ingénieur en chef des Télégraphes.

Fabry, Ch., Professeur à l'Université de Marseille, Examinateur à l'École Polytechnique.

Ferrié Colonel G., Directeur technique de la Radio télégraphie militaire.

Féry, Ch., Docteur ès sciences, Professeur à l'École de Physique et de Chimie.

Girault, P., Ingénieur électricien.

Guilbert, C.-F., Ingénieur électricien, Arbitre rapporteur près le Tribunal de Commerce de la Seine.

Guillebot de Nerville, Ingénieur en chef des Télégraphes, Professeur à l'École nationale des Ponts et Chaussées.

Gutton, C., Professeur à l'Université de Nancy.

Jouaust, R., Chef de travaux au Laboratoire Central d'Électricité.

Jouguet, Ingénieur en chef au Corps des Mines.

Lamotte, M., Professeur à la Faculté des Sciences et à l'Institut électrotechnique de Toulouse.

Langevin, P., Professeur au Collège de France.

Laporte, F., Sous-Directeur du Laboratoire Central d'Électricité.

Latour, Marius, Ingénieur conseil.

Leauté, André, Répétiteur de physique à l'École Polytechnique, Secrétaire général de la Société Industrielle des Téléphones.

Liénard, A., Professeur à l'École supérieure des Mines.

Mauduit, A., Professeur d'Électrotechnique à la Faculté des Sciences de Nancy.

Pérot, A., Professeur à l'École Polytechnique.

Poincaré, Lucien, Vice-recteur de l'Académie de Paris.

Pomey, J., Ingénieur en chef des Télégraphes.

Rigollot, Professeur adjoint à la Faculté des Sciences de Lyon, Directeur de l'École Centrale lyonnaise.

Swyngedauw, R.-A., Professeur à l'Université de Lille, Directeur de l'Institut Électrotechnique de Lille.

† **Tissot**, C., Capitaine de frégate.

Turpain, A., Professeur de physique à la Faculté des Sciences de Poitiers.

Vogt, Directeur de l'Institut Électrotechnique de Nancy.

Weiss, P., Professeur à l'École Polytechnique de Zurich.

SECTION INDUSTRIELLE, ÉCONOMIQUE et FINANCIÈRE

Carpentier, J., Membre de l'Institut, Constructeur électricien.

Le Chatelier, Henri, Membre de l'Institut, Professeur à la Faculté des Sciences de Paris.

Liesse, André, Membre de l'Institut, Professeur au Conservatoire National des Arts et Métiers.

Witz, A., Membre correspondant de l'Institut, Doyen de la Faculté libre des Sciences de Lille

Armagnat, H., Ingénieur conseil, Expert près le Tribunal civil de la Seine.

Auvert, Ingénieur principal du matériel de la Compagnie P.-L.-M. (installations électriques).

† **Bellet**, Daniel, Secrétaire de la Société d'Économie Politique, Professeur à l'École libre des Sciences politiques.

Bochet, A., Ingénieur des Arts et Manufactures, Ancien Président de la Société Internationale des Electriciens.

RECAP
JUN -71918 397343
Digitized by Google

Brenot, P., du génie, Chef du poste radiotélégraphique de la Tour Eiffel, Conseiller technique au Ministère des Colonies.

Brocq, Directeur de la Compagnie pour la Fabrication des Compteurs et Matériel d'usines à gaz.

de la Brosse, Ingénieur en chef du Service des forces hydrauliques des Alpes.

Buffet, J., Président de la Société Nancéenne de Crédit industriel et de Dépôts.

Cambon, Victor, Ingénieur des Arts et Manufactures.

Charpenay, Banquier, Membre de la Chambre de Commerce de Grenoble, Administrateur délégué de la Société des Forces motrices du Haut-Grésivaudan.

Caudrelier, F., Ingénieur des Ponts et Chaussées, Ingénieur en chef des Services électriques de la Compagnie Parisienne de Distribution d'Électricité.

Cordier, Lieutenant-colonel, Chef de la Section technique de l'artillerie.

Cordier, Directeur de l'usine de Champagne-sur-Seine des Etablissements Schneider.

Cote, E., Directeur de *La Houille Blanche*.

Drouin, F., Directeur des Services techniques de la Compagnie Générale d'Électricité.

Eydoux, D., Ingénieur des Ponts et Chaussées, Ingénieur principal des Chemins de fer du Midi.

Fyrolles, L., Ingénieur, Directeur de l'École spéciale des Travaux publics, du Bâtiment et de l'Industrie.

Flusin, Professeur d'électrochimie et d'électrométallurgie à la Faculté des Sciences de Grenoble.

Girod, Paul, Administrateur délégué des Établissements Paul Girod, à Ugine.

Gratzmuller L., Ingénieur en chef du matériel de traction électrique à la Société Alsacienne de Constructions mécaniques.

Guyon, Directeur de la Compagnie des Tramways de Lyon.

Hugoniot, Ingénieur conseil.

Imbs, Ingénieur des Ponts et Chaussées, Ingénieur en chef de la Compagnie Parisienne de Distribution d'Électricité.

Jumau, Ingénieur.

Juppont, Ingénieur conseil.

Labour, P., Ingénieur.

Labrouste, P., Ingénieur conseil.

Laurain, H., Président de la Société d'Électricité de Reims et de la Société des Tramways électriques de Reims, Directeur des Services techniques de la Société du Gaz de Paris, Membre du Conseil de l'École Centrale.

Lauriol, P., Ingénieur en chef des Services généraux d'éclairage de la ville de Paris.

Legouez, R., Membre de la Chambre de Commerce de Paris.

Lelong, Ingénieur en chef des constructions navales, Ministère de la Marine.

Lépine, Charles, Ingénieur des Arts et Manufactures, Administrateur-délégué de la Société hydro-électrique de Fure et Morge et de Vizille.

Lévy Salvador, Paul. Chef du Service technique de l'hydraulique agricole au Ministère de l'Agriculture.

Locherer, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Ingénieur en chef de la Compagnie du Chemin de fer métropolitain de Paris.

Loppé, F., Ingénieur des Arts et Manufactures.

Lorin, Maître de Conférences à l'École Centrale.

Mamy, Professeur au Conservatoire des Arts et Métiers.

de Marchena, Sous-Directeur de la Compagnie Française Thomson-Houston.

Mariage, André, Ingénieur des Arts et Manufactures, Directeur général de la Compagnie générale des Omnibus de Paris.

Maugas, Gabriel, Ingénieur général du Génie Maritime.

Mazen, N., Ingénieur en chef du Matériel et de la Traction des Chemins de fer de l'État.

Parodi, H., Ingénieur, Chef des Services électriques du Matériel et de la Traction du Chemin de fer d'Orléans.

Picou, R., Ingénieur conseil, ancien président du Comité Electrotechnique Français.

Piérart, Lieutenant-colonel, Chef de l'Établissement central de Matériel spécial du Génie.

Pinot, R., Secrétaire général de la Chambre syndicale des Forces hydrauliques.

Resal, Eugène, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Administrateur-directeur des Tramways de Bordeaux.

Rey, J., Administrateur-directeur de la maison Sautter-Harlé.

Roth, H., Ingénieur électricien.

Roux, G., Directeur du Bureau de Contrôle des Installations électriques.

de Valbreuze, Ingénieur électricien, Administrateur-délégué des Anciens Établissements Deberghe et Lafaye.

Vautier, T., Professeur à la Faculté des Sciences de Lyon.

Walkenaer, Ch., Inspecteur général des Mines.

Weiss, Georges, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Professeur agrégé à la Faculté de Médecine.

SECTION DE LÉGISLATION

Bougault, P., Avocat à la Cour d'Appel de Lyon.

Carpentier, E., Professeur adjoint à la Faculté de Droit de Paris, Avocat à la Cour d'Appel.

Ducreux, A., Avocat à la Cour d'Appel de Paris.

Fontaine, E., Secrétaire général du Syndicat professionnel des usines d'électricité, Secrétaire de l'Union des Syndicats de l'Électricité.

Frenoy, Avocat à la Cour de Cassation et au Conseil d'Etat.

Mahieu, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, Directeur chargé des Services des Routes, de l'Automobile, des Usines hydrauliques et des Distributions d'Energie électrique au Ministère des Travaux publics, des Transports et du Ravitaillement.

Monmerqué, A., Inspecteur général des Ponts et Chaussées, Secrétaire du Comité permanent d'électricité.

Payen, E., Docteur en droit, Avocat à la Cour d'Appel de Paris.

Sée, Raymond, Ancien élève de l'École Polytechnique, Docteur en Droit, Directeur de l'Ouest-Lumière.

Sirey, Ch., Avocat à la Cour d'Appel de Paris.

Taillefer, A., Avocat à la Cour de Paris, ancien élève de l'École Polytechnique, membre de la Commission technique de l'Office national de la propriété industrielle.

de la Taste, Avocat à la Cour d'Appel de Paris, Licencié ès sciences physiques et chimiques.

Weiss, Inspecteur général des Mines.

Zacon, Inspecteur du Travail.

Digitized by Google

TABLE MÉTHODIQUE DES MATIÈRES

Recherches et travaux scientifiques

GÉNÉRALITÉS

Organisation des recherches scientifiques. — Inventions et recherches scientifiques 322
Comment la Science peut venir en aide à l'Industrie pour la solution des problèmes techniques 401
Quelques problèmes scientifiques à résoudre (*H. Le Chatelier*) 655
L'organisation de la recherche scientifique aux Etats-Unis 641
L'organisation de la recherche scientifique en Grande-Bretagne 721
Sur la création d'un Institut de recherches scientifiques par les nations de l'Entente et les pays neutres 202
Les laboratoires de recherches 603
Rapport sur les laboratoires nationaux de recherches scientifiques (*Le Chatelier*) 607
Aperçu historique sur les laboratoires de recherches scientifiques existant en France. Mesures à prendre pour les mieux utiliser (*Général Sébert*) 604
Décret du 14 avril 1917 relatif aux attributions du Sous-Secrétaire d'Etat des Inventions 760

ELECTRICITÉ ET MAGNÉTISME

Généralités. — L'état actuel des théories électriques (*Marcel Brillouin*) 7, 46, 123, 403
La théorie des quanta et sa place dans l'histoire des théories physiques modernes (*D. Berthelot*) 363
Théorie élémentaire du magnétisme (*J.-B. Pomey*). 202, 206
Le magnéton (*Pierre Weiss*) 203
Sur la nature des collisions d'électrons avec les molécules gazeuses (*H. T. Compton* et *J.-M. Benade*) .. 370
Les courants oscillants traités par la méthode des vitesses angulaires généralisées (*V. Bush*) 645
Sur les analogies mécaniques des phénomènes électriques (*J.-B. Pomey*) 163

Electrostatique. — Influence de la lumière sur le potentiel de contact du sélénium et de l'oxyde de cuivre (*E.-H. Kennard et E.-O. Dieterich*) 942

Electrocinétique, Electrodynamique, Courant électrique. — Sur un aspect de la loi d'Ohm (*E. Brylinski*) 803
Conductibilités de l'air et du mica (*Edouard Brandy*) .. 283
Théorème de la conservation de la puissance réactive. 1015
Les courants oscillants traités par la méthode des vitesses angulaires généralisées (*V. Bush*) 645

Décharge électrique. — Sur l'équation de la décharge disruptive et la possibilité de trois sortes de potentiels explosifs (*Ch.-Eug. Guye*) 610
Sur le potentiel explosif dans l'anhydride carbonique aux pressions élevées (*Ch.-E. Guye* et *Stancescu*) .. 941
Comparaison des potentiels de décharge en courant continu et en courant alternatif (*J.-C. Jensen*) ... 371
Sur la production des étincelles musicales par courant continu (*Langevin*) 374
Les propriétés électriques des gaz 1018
Sur les pertes par couronnes sous potentiel constant pour des conditions de surface et des métaux différents (*Sylvan-J. Crooker*) 327
Etude des lois reliant la pression d'ionisation au courant dans l'effet de couronne, obtenu sous des potentiels constants (*Earle H. Warner*) 129
Mobilités des ions gazeux dans les champs électriques intenses (*Léonard B. Loeb*) 494
Théorie de la chute de potentiel cathodique (*A. Wilson*) 212

Magnétisme, Electromagnétisme. — Théorie élémentaire du magnétisme (*J.-B. Pomey*) 202, 206
Le magnéton (*Pierre Weiss*) 203
Sur la réciprocité des actions électriques et magnétiques (*J.-B. Pomey*) 9
L'effet Corbino dans différents conducteurs mesuré par le couple électromagnétique produit (*Keith K. Smith*) 87

Oscillations et ondes électriques. — Oscillations dans les circuits divisés (*J.-B. Pomey*) 365
Analogies mécaniques des phénomènes de couplage entre deux circuits oscillants de télégraphie sans fil (*J.-B. Pomey*) 83

Rayons cathodiques. — Méthode de Wiechert pour la mesure de la vitesse des rayons cathodiques.. 408

Rayons X. — Sur la forme de la décharge électrique dans les tubes à rayons X. Erratum (*A. Dauvillier*) 441, 443, 640
Intensité de la réflexion des rayons X et distribution des électrons dans les atomes (*Arthur H. Compton*). 896
Sur les tubes à rayons X 441

Sources d'électricité. — Théorie chimique et fonctionnement physique de l'accumulateur au plomb (*Ch. Féry*) 10

Electricité atmosphérique. — Paragrêle Marcillac du Chenavari (Ardèche) 819

Digitized by Google

Electro-optique. — Influence de la lumière sur le potentiel de contact du sélénium et de l'oxyde de cuivre (*H.-E. Kennard* et *E.-O. Dieterich*)..... 942

SCIENCES DIVERSES

Mathématiques. — Sur la détermination des constantes des formules linéaires empiriques (*Harry M. Roeser*)..... 856

Hydraulique. — Note sur les conditions à remplir au point de vue des coups de bélier par les régulateurs des moteurs hydrauliques. Erratum (*Comte de Sparre*)..... 481, 482, 600

Calcul des coups de bélier dans les conduites munies d'un réservoir d'air (*C. Camichel*)..... 723

Note sur les coups de bélier dans une conduite formée de sections de diamètres différents pour lesquelles la durée de propagation est la même (*Comte de Sparre*)..... 1016

Optique. — L'éclat apparent ; ses conditions et ses propriétés (*Léonard Thomson-Troland*..... 806

Applications techniques et industrielles

GÉNÉRALITÉS

Statistique. — Coup d'œil sur l'état de l'industrie électrique française (*R. Legouez*)..... 29

L'industrie électrique en Allemagne (*F. Loppé*)..... 993

Les derniers pas de géant de l'électricité en Amérique (*Louis Bichet*)..... 1019

Les industries électriques au Japon (*Daniel Bellet*).... 591

La télégraphie et la téléphonie avec ou sans fil aux Etats-Unis en 1916-1917 (*John L. Hogan*)..... 587

Les perspectives d'exportation en Italie des appareils de mesure et de téléphonie..... 76

L'industrie électrochimique de la Norwège..... 558

La production de la cyanamide en France et en Italie. 518

Organisation, Exploitation. — Organisation rationnelle de la campagne commerciale d'une entreprise de distribution (*K.-S. Leffler*)..... 1032

Organisation moderne d'une entreprise de construction de petit matériel électrique (*Emile Giraudeau*)..... 546, 643

L'extension de la distribution de l'électricité dans les grandes villes (*R. Raymond*)..... 63

La crise du gaz devant les conseils de préfecture (*L. de la Taste*)..... 831

La manutention économique du matériel de voie ferrée sur les lignes de tramways (*A.-E. Harvey*)..... 791

Décret du 5 mars 1917 relevant temporairement les tarifs inscrits au cahier des charges des Tramways de Saumur..... 480

Résultats d'exploitation de l'American Telephone and Telegraph Cº en 1915..... 753

Unification, Normalisation. Unification ou normalisation?..... 282

L'organisation de la normalisation électrique en France..... 843

La normalisation électrique en France..... 1002

Toujours à propos de la normalisation électrique.... 884

Le Comité électrotechnique français et l'unification industrielle..... 281

L'unification des Cahiers des Charges..... 41

Règles britanniques d'unification pour les machines électriques (*Ch. Dacid*)..... 225

Unification des isolateurs de ligne (*R.-V. Picou*).... 301

Rapport de la Commission d'unification des isolateurs de lignes (*R.-V. Picou*)..... 301

Divers. — Les problèmes non résolus de l'industrie électrique..... 562

L'électricité et l'alimentation nationale (*Paul Leclerc*). 107

Prix de revient comparés du labourage mécanique (*Ach. Delamarre*)..... 860

L'électricité comme moyen d'utilisation rationnelle des combustibles (*F.-E. Carcano*)..... 308

La tourbe et l'industrie électrique (*J. Vichniak*)..... 147

ENERGIE NATURELLE, PRODUCTION DE L'ÉNERGIE MÉCANIQUE

Energie hydraulique. Généralités. — La houille blanche dans les Alpes françaises au début de 1916 (*R. de la Brosse*)..... 233

La houille blanche dans les Alpes (*P. Ducrest*)..... 761

La houille blanche dans les Pyrénées (*H. Giran*). 773, 809

Les forces hydrauliques de la Suède..... 212

Les forces hydrauliques de la Suède (*Sven Lübeck*).... 154

Les usines hydro-électriques de l'Etat suédois. Le rôle de la houille blanche dans la vie économique de la Suède. Erratum (*J. Vichniak*)..... 349, 920

Le développement de la puissance hydraulique et l'avenir des réseaux de distribution en Amérique (*Louis Bell*). 466

La rivière Colorado et son utilisation (*F. La Rue*).... 162

Sur l'utilisation rationnelle des chutes d'eau pour la création d'usines hydro-électriques (*D. Eydoux*).. 857

Régularisation du régime des cours d'eau utilisés à la production de l'énergie hydro-électrique (*Paul Lévy-Salvador*)..... 253

L'équipement des chutes d'eau pour les usages électro-métallurgiques (*E. Piernet*)..... 379

Le service des grands fours hydrauliques..... 201

Le deuxième Congrès de la houille blanche..... 122

Proposition de loi relative à la mise en valeur des forces hydrauliques en France..... 160

Décret du 22 décembre concernant l'aménagement et l'utilisation des forces hydrauliques sur les cours d'eau non navigables ni flottables..... 38

Décret du 8 février 1917 réglementant l'usage de la force motrice à emprunter à la rivière de la Vienne pour l'alimentation d'une usine hydro-électrique.. 359

Aménagements hydrauliques. — Calculs des coups de bélier dans les conduites munies d'un réservoir d'air (*C. Camichel*)..... 723

Note sur les coups de bélier dans une conduite formée de trois sections de diamètres différents pour lesquelles la durée de propagation est la même (*Comte de Sparre*)..... 1016

Note sur les conditions à remplir au point de vue des coups de bélier par les régulateurs des moteurs hydrauliques (*Comte de Sparre*)..... 481, 483, 600

La protection des installations hydrauliques contre les glaces (*A. Kaminer* et *J. Vichniak*)..... 569, 701

Moteurs hydrauliques. — Régulateur pour turbine hydraulique (*R. Neeser*)..... 771

Monographies. Descriptions. — Les usines hydro-électriques pour traction, installées par la compagnie des chemins de fer du Midi (*G. Camichel, D. Eydoux* et *J. Thériaut*)..... 287

Les usines et le Réseau de la Société hydro-électrique des Basses-Pyrénées (*J. de Soucy*)..... 495

Digitized by Google

Les usines hydro-électriques de l'État suédois. L'usine génératrice d'électricité de Trollhattan (*J. Vichniak*) 900

Energie thermique. Généralité. — La manutention et l'exportation des charbons dans les ports britanniques (*Daniel Bellet*) 194
La production et l'exportation du charbon en Angleterre 998
La mise en exploitation des tourbières 880
La tourbe et l'industrie électrique (*J. Vichniak*) 147
Arrêté relatif à la taxation des charbons français 479
Arrêté instituant une Commission extra-parlementaire dite Commission de la tourbe 880
La circulaire concernant la répartition du charbon ... 759

Aménagements thermiques. — L'utilisation des gaz de four à coke pour le chauffage des chaudières 69
Les corrosions des surfaces métalliques immergées (*Jean Guerner*) 173
Nettoyage des tubes de condenseurs au moyen de l'acide chlorhydrique 187

Moteurs thermiques. — Les difficultés mécaniques dans l'évolution de la turbine à vapeur 556

L'emploi des turbines auxiliaires de faibles puissances dans les stations centrales 82
Application de l'oscillographe à l'étude des moteurs à explosion (*M. Camilleri*) 643

Monographies. Descriptions. — La nouvelle usine génératrice de la New-Jersey Company (*P.-H. Chase*) 947

CONSTRUCTION DU MATÉRIEL ÉLECTRIQUE

Matières premières. — Les mines de fer françaises et la guerre (*Aug. Pawlowski*) 559
Le cuivre et la guerre (*J. Vichniak*) 189, 236
Déclaration obligatoire des matières en cuivre 760
L'industrie du tungstène en Angleterre 396
Décret relatif à la Commission des métaux et des bois et des fabrications de la guerre 160
Les matières de remplacement pour l'électrotechnique en Allemagne (*F. Loppé*) 66, 514
La porcelaine électrotechnique (*Chambre syndicale de la porcelaine électrotechnique*) .. 6, 22, 58, 133, 180

Matériel de construction. — L'outillage américain pour la fabrication en série (*Joseph W. Woodworth*) 762
Tours à surfacer, à charioter et à fileter des établissements Haigh, à Oldham, Angleterre 70
Machine à essayer les bouchons de gaine-relais 952
Pompes à vide élevé à condensation (*Irving Langmuir*) 491

Usines et ateliers. — Organisation moderne d'une entreprise de construction de petit matériel électrique (*Emile Girardeau*) 546, 613
Sur l'éclairage artificiel des ateliers (*Maurice Leblanc fils*) 461
De la fabrication des appareils d'éclairage artistiques (*G. Pour*) 457
La réquisition des usines et la régie intéressée (*P. Bougault*) 917, 955

PRODUCTION ET DISTRIBUTION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

Généralités. — Le développement de la puissance hydraulique et l'avenir des réseaux de distribution en Amérique (*Louis Bell*) 466
L'extension de la distribution de l'électricité dans les grandes villes (*R. Raymond*) 63
L'avance de l'heure et les entreprises de production de l'électricité en Suisse 640
Représentation en relief de l'énergie distribuée (*A. Tricier*) 98
Le relief de charge du Sud-Electrique (*Max Du Bois*) 981
Nivellement des courbes de charge des consommateurs d'électricité (*J.-E. Brulard*) 1030
Un moyen de régulariser la charge des usines génératrices d'électricité 522
Les accidents de surtension (*J. Sorolea*) .. 215, 267, 383
Des cas de surtensions qui ne devraient pas se présenter (*Paul J.-A. Torche*) 984
Résultats d'expérience et récents progrès dans les systèmes de protection des stations centrales (*N.-L. Collard* et *J.-T. Lawson*) 103
Rapport sur la protection des installations électriques contre les surtensions, élaboré par le Secrétariat général de l'Association suisse des Electriciens ... 645
Petites ou grandes stations centrales? (*E.-M. Lacey*) .. 826
Etude économique de la transmission de l'énergie électrique (*Georges-P. Roux*) 413
Economies réalisées dans la ville de Des-Moines (Iowa), par l'emploi de sous-stations de traction automatiques 788
Quelques mots sur l'organisation commerciale moderne des entreprises de distribution (*F. Bratman*) 26
Organisation rationnelle de la campagne commerciale d'une entreprise de distribution (*W.-S. Leffler*) 1032
Le client d'une station centrale a-t-il « toujours raison? (*Frank Wert*) 874
Les contrats de vente d'énergie et les compteurs à haute tension (*P.-F. Dufour*) 784
La tarification de l'énergie électrique d'après le prix des charbons 642
Relèvement des tarifs des compagnies de distribution en raison de la hausse des charbons ; conditions d'homologation (*S. de Rigney*) 747
Relèvement des tarifs d'électricité à Amiens 231
Relèvement des tarifs d'électricité à Dijon 639
Règles britanniques d'unification pour les machines électriques (*Ch. David*) 225
Garanties rationnelles de températures pour les grands alternateurs (*F.-D. Newbury*) 229
La distribution des températures dans les machines électriques (*B.-G. Lamme*) 804
Sur l'essai diélectrique des machines (*A. Hansson*) ... 845
La revision des prescriptions fédérales suisses, concernant la construction des lignes électriques (*A. Pillonel*) 869
1906-1916. Dix ans d'application de la loi sur les distributions d'énergie électrique (*Paul Bougault*) .. 33
Les restrictions apportées à la libre distribution de l'énergie (*Fernand Payen*) 77
Comment peut-on juridiquement installer des conducteurs électriques sur les terrains des tiers pour relier une usine de production aux endroits d'utilisation? (*P. Bougault*) 195
Concessions concurrentes de distribution d'énergie électrique. Recherche de l'équivalence des conditions. Avis de la section des Travaux publics du Conseil d'Etat (*S. de Rigney*) 1037
Décret du 21 novembre 1916, relatif à la distribution d'énergie aux établissements travaillant pour la défense nationale 37
Décret du 29 mars 1917 relatif au service du contrôle des installations électriques industrielles 760
Décret du 19 avril 1917 déclarant d'utilité publique l'établissement d'une usine électrique 800
Arrêté du 19 décembre 1916, relatif aux entreprises de distribution et de vente d'énergie électrique ... 39
Arrêté du 5 avril 1917 relatif aux frais de contrôle dus à l'Etat par les entrepreneurs de distribution d'énergie électrique 69

Digitized by Google

Arrêté du 10 février 1917 nommant les membres de la Commission des distributions électriques pour les années 1917 et 1918 360
Arrêté du 18 avril 1917 nommant un secrétaire adjoint de la Commission des distributions d'énergie électrique 720
Proposition de résolution concernant la création d'usines hydro-électriques..... 160, 440

Production. MACHINES GÉNÉRATRICES. — **Influence de la nature des frettes des rotors des génératrices à grande vitesse sur le rendement de ces machines**.. 162
Dispositif d'entraînement des magnétos. Société Lorraine des Anciens Etablissements de Dietrich et C° de Lunéville 330
Production des courants monophasés pour les applications industrielles (*E.-V.-W. Alexanderson* et *G.-H. Hill*)..... 373
Garanties rationnelles de température pour les grands alternateurs (*F.-D. Newbury*)..... 229
Le compoundage des alternateurs (*M. Latour*)..... 923
De la détermination des pertes additionnelles dans le cuivre des machines à courant alternatif (*H. Rikli*) 727

PILES ET ACCUMULATEURS. — **Pile à densité et à faible usure locale** (*Ch. Fery*) 323
Théorie chimique et fonctionnement physique de l'accumulateur au plomb (*Ch. Féry*)..... 10

Transformation. — **Protection des points neutres de transformateurs contre les ondes instantanées destructives** (*Max H. Collbohm*) 980
Perfectionnements aux transformateurs électriques (*Sébastien Zani de Ferranti* et *Société Ferranti*) .. 188
Connexions de fortune pour transformateurs (*George-P. Roux*) 220
Sur les essais de polarité dans les transformateurs (*Paul Girault*) 84
Transformateurs-suceurs de la ligne électrique à courant monophasé de Perpignan à Villefranche de la Compagnie des chemins de fer du Midi (*Ch. Dachary*)..... 331, 535
Transformateurs de fréquence (*R. Townend*)..... 891
La charge monophasée et les convertisseurs de phase (*Torchio, Gilman, Fortescue, Alexanderson, Hill, Eglin*) 184
Sur les courbes caractéristiques et les conditions de stabilité des régimes d'un groupe de transformation (*J. Bethenod*) 1003

Transmission, Distribution. GÉNÉRALITÉS. — **Construction et disposition des installations à haute tension** (*M. Samuels*) 907
La remise en marche d'une distribution après une interruption forcée (*F.-E. Ricketts*) 144
Les accidents de surtension (*J. Sarolea*).. 215, 267, 383
Des cas de surtensions qui ne devraient pas se présenter (*Paul J.-A. Torche*)..... 984
Rapport sur la protection des installations électriques contre les surtensions, élaboré par le Secrétariat général de l'Association suisse des Électriciens... 645
Le problème pratique de l'influence des lignes à haute tension sur les lignes téléphoniques (*Griswold* et *Mastick*) 763, 767
La protection des circuits téléphoniques dans les distributions d'énergie électrique (*E.-K. Shelton*) ... 376
Etude économique de la transmission de l'énergie électrique (*George-P. Roux*) 413

LIGNES. CANALISATIONS. — **Action d'un poids agissant au milieu d'une portée de ligne aérienne** (*A. Tumerelle*) 883
Calcul pratique des lignes de transmission d'énergie électrique (*B. Guerschinovitch*)..... 523, 680
Courants admissibles dans les câbles armés souterrains (*R.-V. Picou*) 410
Lignes de transmission pour petites agglomérations (*M.-D. Leslie*) 790
Rapport de la Commission d'unification des isolateurs de lignes (*R.-V. Picou*) 306
Isolateurs de ligne 307
Recherches effectuées sur les isolateurs à suspension en porcelaine en vue de déterminer leurs causes de détérioration par l'âge (*J.-E. Woodbridge, Harris J. Ryan* et *J.-C. Clark*) 943
Conditions techniques de fabrication et d'essais des isolateurs de ligne fabriqués en porcelaine ou en verre 306
La résistance mécanique des poteaux en bois (*Ach. Delamarre*) 345, 389
Armature Préel pour pied de poteau en bois 751

APPAREILLAGE. — **Essais sur les interrupteurs à huile** (*Georges Stern* et *Joseph Biermanns*). 767, 771
Sur la capacité de rupture des disjoncteurs à huile (*Stephen-Q. Hayes* et *E.-M. Hewlett*) 367
Parafoudre « Burke » 424
Quelques considérations sur le réglage de la tension par les régulateurs automatiques instantanés (*E. Piernet*) 337

INSTALLATIONS INTÉRIEURES. — **Note sur les schémas de connexions des circuits d'éclairage électrique**.... 889

Usines, Sous-stations, Réseaux. — **La mise en parallèle des stations génératrices** (*M.-I. Peck*). 453
La remise en marche d'une installation après une interruption forcée (*F.-E. Ricketts*) 144
L'emploi des turbines auxiliaires de faible puissance dans les stations centrales..... 82
Un moyen de régulariser la charge des usines génératrices d'électricité 522
Résultats d'expérience et récents progrès dans les systèmes de protection des stations centrales (*N.-L. Pollard* et *J.-T. Lawson*) 103
La protection contre les surintensités dans la centrale de Golpa (*G. Klingenberg*) 1033
Petites ou grandes stations centrales (*E.-M. Lacey*). 826
Les usines et le réseau de la Société hydro-électrique des Basses-Pyrénées (*Jacques de Soucy*) 495
Les usines hydro-électriques pour traction installées par la Compagnie des Chemins de fer du Midi (*G. Camichel, D. Eydoux* et *J. Lhériaut*)..... 287
Les usines hydro-électriques de l'Etat suédois. Le rôle de la houille blanche dans la vie économique de la Suède. Erratum (*J. Vichniak*)..... 349, 920
Les usines hydro-électriques de l'Etat suédois. L'usine génératrice d'électricité de Trollhättan (*J. Vichniak*)..... 900
La nouvelle usine génératrice de la New-Jersey Cy (*P.-H. Chase*) 947
Les sous-stations extérieures de transformation 423
Sous-station de transformation du Pont-Cardinet pour l'alimentation des lignes de chemins de fer de l'Etat (*C. Thomas*) 13, 53, 89
Sous-station à courant continu 1.500 v., équipée avec 3 commutatrices 750 v. 395

APPLICATIONS MÉCANIQUES

Généralités. — **La charge monophasée et les convertisseurs de phase** (*Torchio, Gilman, Fortescue, Alexanderson, Hill* et *Eglin*) 184
Système de commande à distance pour laboratoires d'essais électriques (*P.-G. Agnew, W.-H. Stannard* et *J.-L. Fearing*)..... 531

Moteurs. — **Moteurs à courant alternatif de la British Thomson-Houston** 286
Sur le diagramme de fonctionnement des moteurs à répulsion (*L.-C. Barbillion*)..... 963

Digitized by Google

Moteurs pour la commande des laminoirs (*W. Knight*) 214
Sur un abaque destiné à faciliter le calcul des rhéostats de démarrage. Erratum (*P. Poitrimol*). 683, 880
Amortisseur pour rhéostat de mise en route 712

Agriculture. — Les applications de l'électricité à l'agriculture 81
Le labourage électrique (*Ach. Delamarre*) 691
Prix de revient comparés du labourage mécanique (*Ach. Delamarre*) 860
Décret du 9 décembre 1916 nommant des membres de la Commission de la culture mécanique 38

Mines. — L'équipement électrique des Houillères du Donetz 517

Divers. — L'équipement électrique des machines à papier 995
Commande électrique des laminoirs (*W. Knight*) 214

TRACTION, LOCOMOTION

Généralités. — Quelques remarques sur l'électrification des chemins de fer 567
Les nouvelles lignes de chemins de fer et l'industrie électrique en Russie (*J. Vichniak*) 633
Ligne de traction interurbaine pour le transport des marchandises 142
La manutention économique du matériel de voie ferrée sur les lignes de tramways (*A.-E. Harvey*) 791
Economies réalisées dans la ville de Des-Moines par l'emploi de sous-stations de traction automatiques 788
Les tramways électriques et les accidents qu'ils causent (*Paul Bougault*) 757
Décret du 28 février 1917 relevant temporairement les tarifs inscrits au Cahier des charges des tramways de Saumur 480
Décret du 23 mars 1917 approuvant une majoration temporaire des tarifs perçus par la compagnie des tramways d'Eure-et-Loir 600

Usines. — Les usines hydro-électriques pour traction, installées par la Compagnie des Chemins de fer du Midi (*G. Camichel, D. Eydoux* et *J. Lhériaut*) 287
Sous-station de transformation du Pont-Cardinet pour l'alimentation des lignes de chemins de fer de l'Etat (*C. Thomas*) 13, 53, 89

Matériel roulant. — La résistance à la traction en courbes d'une voiture électrique de 28 t. (*Edw.-C. Schmidt* et *Harold-H. Dunn*) 853
Bielle triangulaire pour locomotive électrique (chemins de fer italiens) 668
Les locomotives électriques du Chicago, Milwaukee et Saint-Paul Railway 863, 986
La locomotive électrique et la traction des trains à grande vitesse (*L. Esbran*) 740

Installations. — Electrification des lignes de banlieue des chemins de fer de l'Etat, sous-station de transformation du Pont-Cardinet (*C. Thomas*) 13, 53, 89
Ligne électrique à courant monophasé de Perpignan à Villefranche de la Compagnie des Chemins de fer du Midi. Application des transformateurs-suceurs (*Ch. Dachary*) 331, 535
La traction électrique sur les grandes lignes italiennes de chemins de fer (*Carlo Maurillo Lerici*) 657
Les installations électriques du Chicago, Milwaukee et Saint-Paul Railway 577
L'établissement d'une voie ferrée électrique en Bolivie 161
Ligne de traction interurbaine pour le transport des marchandises 142

Traction sur route. — Résistances à la traction relatives à un fourgon électrique de livraison, sur différentes routes et à différentes vitesses (*A.-E. Kennelly* et *O.-R. Schurig*) 165

TÉLÉGRAPHIE, TÉLÉPHONIE

Généralités. — La télégraphie et la téléphonie avec ou sans fil aux Etats-Unis en 1916-1917 (*John L. Hogan*) 587
Résultats d'exploitation de l'American Telephone and Telegraph Co en 1915 753
Les télégraphes et les téléphones dans les colonies britanniques (*R.-W. Weightman*) 820
Décret du 10 février 1917 relatif à l'organisation du personnel de la radiotélégraphie coloniale 595
Décret du 24 février 1917 relatif à la réception des signaux radio-électriques 479
Décret du 28 avril 1917 concernant la réorganisation des cadres de l'inspection générale des P. T. T. et création de l'emploi d'inspecteur adjoint à l'inspection générale 800
Décret du 22 mai 1917 réorganisant les services des Postes et des Télégraphes du boulevard Brune et le service de la télégraphie sans fil 960
A propos de la réglementation de l'organisation du personnel radiotélégraphique dans les colonies françaises 679

Télégraphie. — Réception au son de câblogrammes. 82

Téléphonie. — La téléphonie à grande distance (*Georges Viard*) 454
Augmentation de la portée des lignes téléphoniques par l'emploi de relais 378
Les transformateurs téléphoniques 675
Transformateur d'isolement pour lignes téléphoniques 378
Déchargeur Lodge pour lignes téléphoniques 826
Parafoudre Chapman pour lignes téléphoniques..... 825
Parafoudre combiné à vide et à air pour circuits téléphoniques 377
La protection des circuits téléphoniques dans les distributions d'énergie électrique (*E.-K. Shelton*) ... 376
Le problème pratique de l'influence des lignes à haute tension sur les lignes téléphoniques (*Griswold* et *Mastick*) 763, 767
Les perspectives d'exportation en Italie des appareils de téléphonie 76

Radiotélégraphie. — Analogies mécaniques des phénomènes de couplage entre deux circuits oscillants de télégraphie sans fil (*J.-B. Pomey*) 83
Le contrôle des stations radiotélégraphiques de la Colombie 42
La radiotélégraphie à longue distance (*W. Duddel*) 88
Système Duplex de radiotélégraphie 612

APPLICATIONS THERMIQUES

Chauffage. — Les appareils de chauffage électrique. 990
La cuisine électrique en Suisse 802
Quelques grandes installations de cuisines électriques en Grande-Bretagne 682
Chauffeur d'air électrique pour le séchage des obus par l'air chaud 754
Four électrique pour les essais de matériaux réfractaires (*Eger* et *Egar Griffiths*) 490
L'interdiction du travail de nuit et les fours électriques de boulangerie et de pâtisserie en Suisse 640

Allumage. — Dispositif d'entraînement des magnétos d'allumage. Société Lorraine des anciens établissements de Dietrich et Co de Lunéville 330

ECLAIRAGE

Généralités. — L'éclat apparent ; ses conditions et ses propriétés (*Léonard Thompson Troland*) 806

Digitized by Google

Sur l'emploi de la fluorescence et de la phosphorescence à la production d'effets lumineux (*Harrison Glew*). 1017
L'action sur les yeux de la lumière ultra-violette 375
Influence de la lumière sur le potentiel de contact du sélénium et de l'oxyde de cuivre (*E.-H. Kennar* et *E.-O. Dieterich*) 942
De la fabrication des appareils d'éclairage artistiques (*G. Poux*) 457
L'éclairage des ateliers de prise de films aux Etats-Unis (*Maurice Leblanc fils*) 672
Sur l'éclairage artificiel des ateliers (*M. Leblanc fils*). 461
Note sur les schémas de connexions des circuits d'éclairage électrique 889
Décret du 20 décembre 1916 portant réduction de l'éclairage public par le gaz et l'électricité 38

Lampes à incandescence. — L'état actuel de la technique des lampes à incandescence 961
Les lampes à incandescence (*A. Boutaric*) .. 848, 931, 972
Les lampes à atmosphère gazeuse 121
La photométrie des lampes à atmosphère gazeuse (*G.-W. Middlekauff* et *J.-F. Skogland*) 127
Douille de lampe à incandescence (*Henri Kohn*) 996

Divers. — Le projecteur Sperry 732
Appareils de projection (*R.-B. Chillas*) 588

ELECTROCHIMIE, ELECTROMETALLURGIE

Electrochimie. — L'industrie électrochimique de la Norvège 558
Sur l'emploi des surplus d'énergie pour la préparation de l'acide nitrique et des nitrates aux Etats-Unis (*Frédéric Nicholas*) 590
La fabrication du chlorate de potassium au Japon .. 882
La production de la cyanamide en France et en Italie. 518

Electrométallurgie. — L'équipement des chutes d'eau pour les usages électrométallurgiques (*E. Piernet*) 379

ELECTRICITÉ MÉDICALE

Anti-diffuseur radiographique (*Tauleigne* et *Mazo*) 286, 370, 402
Appareil d'induction pour la recherche des projectiles (*St.-Procopiu*) 888

APPLICATIONS DIVERSES

Méthode électrique Cumberland pour la protection des surfaces métalliques contre les corrosions 177
La précipitation par l'électricité des vapeurs d'acide phosphorique 644
Radiométallographie : le tube, l'appareillage, l'application (*H. Pilon*) 735

MESURES ET ESSAIS

Généralités. — Sur le système électromagnétique de mesures (*E. Brylinski*) 43
Système de commande à distance pour laboratoires d'essais électriques (*P.-G. Agnew*, *W.-H. Stannard* et *J.-L. Fearing*) 531
Les perspectives d'exportation en Italie des appareils de mesure 76
Le Laboratoire central d'électricité 241
Les travaux et le rôle scientifique international du Laboratoire central d'électricité (*P. Janet*) 243

Appareils. — Les connexions des instruments de mesure 612
Le voltmètre à Corona (*J.-B. Whitehead* et *M.-W. Pullen*) 49
Analyse d'oscillogrammes de courts-circuits (*O.-E. Shirley*) 1012
Un nouveau compteur à haute tension (*P.-F. Dufour*). 1007
Nouveaux dispositifs pour compteurs d'énergie à courant continu (*Ziegenberg*) 210
Méthode de Wiechert pour la mesure de la vitesse des rayons cathodiques 408
Nouveau perméamètre (*Frank P. Fahy*) 731

Essais électriques. — De la détermination des pertes additionnelles dans le cuivre des machines à courant alternatif (*H. Rikli*) 727
Sur l'essai diélectrique des machines (*A. Hansson*) .. 845
Sur les essais de polarité dans les transformateurs (*Paul Girault*) 84
Essais sur les interrupteurs à huile (*Georg Stern* et *Joseph Biermanns*) 767, 771

Photométrie. — La photométrie physique (*Enoch Karrer*) 894
Le corps noir à la température de fusion du platine comme point fixe en photométrie (*Herbert-E. Ives*) 52
Courbe de sensibilité rétinienne ou courbe de luminosité de l'œil moyen 895
La photométrie des lampes à atmosphère gazeuse (*G.-W. Middlekauff* et *J.-F. Skogland*) 127

Divers. — Applications de l'oscillographe à l'étude des moteurs à explosion (*M. Camillerapp*) 643
Radiométallographie ; le tube, l'appareillage, l'application (*H. Pilon*) 735
La protection des couples thermo-électriques de laboratoire (*Arthur W. Gray*) 161-170
Résistances à la traction relatives à un fourgon électrique de livraison, sur différentes routes et à différentes vitesses (*A.-E. Kennelly* et *O.-R. Schurig*) 165
La résistance à la traction en courbes d'une voiture électrique de 28 t. (*E.-L.-C. Schmidt* et *H.-H. Dunn*) 853
Mesure des pas de vis (*A. Broker*) 396, 920
Four électrique pour les essais de matériaux réfractaires (*Eger* et *Egar Griffiths*) 490
Machine à essayer les bouchons de gaine-relais 922

Economie sociale, industrielle, financière, etc.

GÉNÉRALITES

Outillage économique. — L'outillage industriel (*E Legouez*) 309
Les nouvelles lignes de chemins de fer et l'industrie électrique en Russie (*J. Vichniak*) 633
La manutention et l'exportation de charbons dans les ports britanniques (*Daniel Bellet*) 194
Les forces économiques des puissances belligérantes avant la guerre (*B. Fayolle*) 402
Les ingénieurs et les questions économiques et politiques. Les idées d'un industriel américain (*E.-W. Rice*) 357
L'ingénieur et son rôle dans la préparation nationale. 561
Décret du 9 mai 1917 relatif aux attributions du sous-secrétaire d'Etat des Transports 960
Arrêté du 27 décembre 1916 relatif à la répartition des services du Sous-Secrétariat des Transports 39

Digitized by Google

RICHESSES NATURELLES, PROPRIÉTÉ

Richesses naturelles. — La houille blanche dans les Alpes françaises au début de 1916 (*R. de la Brosse*) 233
La houille blanche dans les Alpes (*P. Ducrest*) 761
Les forces hydrauliques de la Suède 122
Le rôle de la houille blanche dans la vie économique de la Suède. Les usines hydro-électriques de l'État suédois. Erratum (*J. Vichniak*) 349, 920
Le développement de la puissance hydraulique et l'avenir des réseaux de distribution en Amérique (*Louis Bell*) 466
La rivière Colorado et son utilisation (*E. La Rue*) 162
Décret du 22 décembre 1916 concernant l'aménagement et l'utilisation des forces hydrauliques sur les cours d'eau non navigables ni flottables 38
Les mines de fer françaises et la guerre (*Auguste Pavlo ski*) 559
Le cuivre et la guerre (*J. Vichniak*) 189, 236
La production et l'exportation du charbon en Angleterre 998
La tourbe et l'industrie électrique (*J. Vichniak*) 147
La mise en exploitation des tourbières 880

Propriété industrielle. — Sur la législation et la jurisprudence relatives aux brevets aux Etats-Unis (*S.-C. Mastick*) 795
Décret du 31 janvier 1917 relatif à une convention entre la France et la Suède pour la protection réciproque en Chine des marques de fabrique, etc.... 520
Les Brevets Flemming et de Forest (*J. de Prez Crassier*) 277
Notification de l'adhésion de la Suède à la convention signée à Washington le 2 juin 1911 pour la protection de la propriété industrielle 439
La protection de la propriété industrielle (*André Taillefer*) 117, 157

TRAVAIL, TRAVAILLEURS

L'école du bon sens 710
Formules des divers tarifs de salaires 897
La réglementation des salaires pour les fabrications de guerre 317, 439
Le traitement des ingénieurs aux Etats-Unis 402
Le placement des travailleurs et l'institution d'offices départementaux et de bureaux paritaires de placement 720
Les problèmes de la démobilisation (*Max d'Hauterive*) 194
Décret du 17 janvier 1917 relatif au règlement de différends collectifs entre patrons et ouvriers libres de toute obligation militaire dans les établissements, mines et exploitations privées travaillant à la fabrication des armements, munitions et matériel de guerre 199
Décret du 19 février 1917 relatif à l'organisation du personnel de la radiotélégraphie coloniale 595
Le féminisme dans l'industrie 802
La semaine anglaise et l'horaire des repas 921
L'allaitement maternel dans les établissements industriels ou commerciaux 719
Loi sur les responsabilités des accidents de travail 479
La réglementation des salaires pour les fabrications de guerre 317
L'interdiction du travail de nuit et les fours électriques de boulangerie et de pâtisserie en Suisse 640

INDUSTRIE

L'Université de Grenoble et l'expansion industrielle dans les Alpes françaises 276
Notes économiques sur l'Allemagne (*F. Loppé*) 477
L'Allemagne et la prochaine guerre 242
Le développement de l'industrie danoise 316
La clientèle et l'industrie minière au Transvaal 399
L'organisation industrielle (*Paul Lecler*) 131
Discipline et organisation 122
L'outillage américain pour la fabrication en série (*Joseph W. Wood orth*) 762
Les inventaires permanents ; leur préparation et leur valeur (*Harry E. Carver*) 353
Croissance et amortissement (*Julian Loebenstein*) 468
La reconstitution industrielle des régions envahies .. 839
Sur un projet de loi relatif au recensement industriel. 519

COMMERCE

La guerre économique 114
La lutte économique d'après-guerre (*Cadoux*) 115
Quelques idées des Allemands sur le commerce extérieur après la guerre 276
Le commerce allemand après la guerre (*F. Loppé*) 716
Les débouchés commerciaux dans l'Amérique latine. 276
Importations et exportations françaises (*Désiré Pector*) 71, 355, 913
Commerce de l'Italie en matériel électrique d'après les statistiques douanières de ce pays (*Désiré Pector*) 429, 471
La dénonciation des traités de commerce italiens 557
Création d'un registre de commerce 719
Quelques mots sur l'organisation commerciale moderne des entreprises de distribution (*F. Bratman*). 26
L'établissement d'un catalogue (*F. Scoumanne*). 99, 137
La réquisition du cuivre en France 282
Le contrôle du marché du cuivre en Angleterre. 161, 434
Le bureau commercial de l'armée d'Orient et l'extension économique française en Orient 518
Décret du 22 mars 1917 prohibant l'entrée des marchandises d'origine ou de provenance étrangère.. 599
Arrêté du 19 mars 1917 abrogeant les dispositions des précédents arrêtés qui autorisent l'exportation de certains produits et objets à destination de divers pays 599
Arrêté du 13 avril 1917 autorisant l'importation de marchandises 759
Arrêté du 13 avril 1917 relatif aux autorisations d'importation et à la vente en France des marchandises comprises dans la liste n° 3 de l'arrêté du 13 avril 1917 960
Arrêté du 12 mai 1917 modifiant et complétant l'arrêté du 13 avril 1917 sur les prohibitions de sortie 880
Décision relative aux autorisations d'importation antérieures au 1er novembre 1916 600

FINANCES

L'organisation du crédit en France après la guerre (*Fougère*) 630
Organisation du crédit au petit et au moyen commerce, à la petite et à la moyenne industrie 519
Projets de création de banques par les nations alliées . 476
Rapport concernant le projet de loi sur les avances remboursables 401
Projet de loi sur les avances remboursables 200
Loi du 27 janvier 1917 sur les avances remboursables consenties aux industriels pour les besoins de la Défense nationale 439
Décret du 19 décembre 1916 relatif à la prorogation des échéances et au retrait des dépôts-espèces .. 38

IMPOTS, DOUANES, ASSURANCES

Garantie de l'Etat en matière d'assurance contre les risques maritimes de guerre 440

Digitized by Google

ENSEIGNEMENT, ÉDUCATION, APPRENTISSAGE

L'organisation de la recherche scientifique en Grande-Bretagne 721
Les travaux et le rôle scientifique international du Laboratoire Central d'électricité (*P. Janet*) 243
Sur la création d'un institut de recherches scientifiques par les nations de l'Entente et les pays neutres 202
Rapport sur les laboratoires nationaux de recherches scientifiques (*Le Chatelier*) 607
Aperçu historique sur les laboratoires de recherches scientifiques existant en France. Mesures à prendre pour les mieux utiliser (*Général Sébert*) 604
L'organisation de la recherche scientifique aux Etats-Unis 641
Les laboratoires de recherches 603
L'enseignement technique (*Victor Cambon*) 631
L'enseignement technique dans les universités anglaises 86
L'enseignement technique supérieur 321, 521
A propos de l'enseignement du français aux élèves ingénieurs 843
L'enseignement industriel et le cinématographe 41
La question de l'apprentissage (*Méré*) 714
Les écoles professionnelles de nos colonies d'Extrême-Orient (*Paul Wiernsberger*) 910
Projet de loi concernant l'inspection de l'enseignement technique 840

Législation, Réglementation, Jurisprudence

GÉNÉRALITÉS

1906-1916. Dix ans d'application de la loi sur les distributions d'énergie électrique (*Paul Bougault*) 33
A propos de la loi du 31 décembre 1916 159
Concessions concurrentes de distribution d'énergie électrique. Recherche de l'équivalence des conditions. Avis de la Section des Travaux publics du Conseil d'Etat (*S. de Rigney*) 1037
La réquisition des usines et la régie intéressée (*Paul Bougault*) 917, 955
La crise du gaz devant les conseils de préfecture (*L. de la Taste*) 821
L'abonné d'un secteur doit-il consommer au moins un minimum et l'énergie consommée par une lanterne cinématographique doit-elle être considérée comme de la lumière ou de la force motrice? 877
Comment peut-on juridiquement installer des conducteurs électriques sur les terrains des tiers pour relier une usine de production aux endroits d'utilisation (*Paul Bougault*) 195
Les tramways électriques et les accidents qu'ils causent (*Paul Bougault*) 757
A propos de la réglementation de l'organisation du personnel radiotélégraphique dans les colonies françaises 679
Relèvement des tarifs des compagnies de distribution en raison de la hausse des charbons ; condition d'homologation (*S. de Rigney*) 717
Sur la nécessité de modifier les art. 419 et 420 du Code pénal 999
Sur la législation et la jurisprudence relatives aux brevets aux Etats-Unis (*S-C. Mastick*) 795
Les Brevets Flemming et de Forest (*J. de Prez-Crassier*) 277
La revision des prescriptions fédérales suisses concernant la construction des lignes électriques (*A. Pillonel*) 869

LOIS, DÉCRETS, ARRÊTÉS, ETC.

Lois. — Loi du 27 janvier 1917 sur les avances remboursables consenties aux industriels pour les besoins de la Défense nationale 439
Loi du 5 mars 1917 sur les responsabilités des accidents de travail 479
Loi du 6 mars 1917 relative aux mesures à prendre pour protéger contre l'alcoolisme les ouvriers et employés occupés dans les établissements soumis au Code du travail 520
Loi du 2 juin 1917 concernant l'application de l'article 5 de la loi du 1er juillet 1916 (Contribution extraordinaire sur les bénéfices réalisés pendant la guerre) 1043

Projets de lois. — Rapport concernant le projet de loi sur les avances remboursables 40
Projet de la loi sur les avances remboursables 200
Proposition de résolution concernant la création d'usines hydro-électriques 160
Proposition de résolution concernant la création d'usines hydro-électriques 440
Proposition de loi relative à la mise en valeur des forces hydrauliques en France 160
Proposition de loi relative à l'avance de l'heure légale pendant la période d'été 440
Proposition de loi tendant à prescrire la publication de la liste des mobilisables en sursis 440
Projet de loi approuvant une convention pour la protection de la propriété industrielle en Chine 440
Projet de loi relatif au recensement industriel 519
Projet de loi concernant l'inspection de l'enseignement technique 840

Décrets. Décret du 21 novembre 1916 relatif à la distribution d'énergie aux établissements travaillant pour la défense nationale 37
Décret du 9 décembre 1916 nommant des membres de la Commission de la culture mécanique 38
Décrets du 15 décembre 1916 portant nomination de sous-secrétaires d'Etat 38
Décret du 19 décembre 1916 relatif à la prorogation des échéances et au retrait des dépôts-espèces 38
Décret du 20 décembre 1916 portant réduction de l'éclairage public par le gaz et l'électricité 38
Décret du 22 décembre 1916 concernant l'aménagement et l'utilisation des forces hydrauliques sur les cours d'eau non navigables ni flottables 33
Décret du 17 janvier 1917 relatif au règlement de différends collectifs entre patrons et ouvriers libres de toute obligation militaire dans les établissements, mines et exploitations privées, travaillant à la fabrication des armements, munitions et matériels de guerre 199
Décret du 18 janvier 1917 relatif à la Commission des métaux et des bois et des fabrications de la guerre 169
Décret du 30 janvier 1917 nommant les membres du Comité permanent d'électricité pour les années 1917 et 1918 359
Décret du 31 janvier 1917 relatif à une convention entre la France et la Suède pour la protection

Digitized by Google

réciproque en Chine des marques de fabrique, etc.. 520
Décret du 2 février 1917 réglementant l'usage de la force motrice à emprunter à la rivière de la Vienne pour l'alimentation d'une usine hydro-électrique.. 359
Décret du 28 février 1917 relevant temporairement les tarifs inscrits au cahier des charges des tramways de Saumur 480
Décret du 19 février 1917 relatif à l'organisation du personnel de la radiotélégraphie coloniale 595
Décret du 24 février 1917 relatif à la réception des signaux radio-électriques 479
Décret du 5 mars 1917 relatif à la constatation et évaluation des dommages résultant des faits de guerre 480
Décret du 19 mars 1917 relatif à l'avance de l'heure.. 480
Décret du 22 mars 1917 prohibant l'entrée des marchandises d'origine ou de provenance étrangère .. 599
Décret du 23 mars 1917 approuvant une majoration temporaire des tarifs perçus par la Compagnie des tramways d'Eure-et-Loir 600
Décret du 29 mars 1917 relatif au service du contrôle des installations électriques industrielles 760
Décret du 14 avril 1917 relatif aux attributions du Sous-Secrétaire d'Etat des inventions 760
Décret du 19 avril 1917 déclarant d'utilité publique l'établissement d'une usine électrique 800
Décret du 28 avril 1917 concernant la réorganisation des cadres de l'inspection générale des postes et des télégraphes, et création de l'emploi d'inspecteur-adjoint à l'inspection générale 800
Décret du 28 avril 1917 autorisant l'établissement d'une usine électrique à Beaumont-Monteux 840
Décret du 9 mai 1917 relatif aux attributions du Sous-Secrétaire d'Etat des transports 960
Décret du 22 mai 1917 réorganisant les services des Postes et des Télégraphes du boulevard Brune et le service de la télégraphie sans fil 960
Décret du 26 mai 1917 modifiant la composition du Conseil d'administration du Conservatoire national des Arts et Métiers et de la commission technique du Laboratoire d'essais de cet établissement, et nommant des membres de ce Conseil d'administration et de cette commission technique..... 1000
Décret du 11 juin 1917 fixant la date du recensement professionnel des hommes de seize à soixante ans non présents sous les drapeaux 1040

Arrêtés. — Arrêté du 14 décembre 1916 relatif au Comité de règlement amiable 40
Arrêté du 19 décembre 1916 relatif aux entreprises de distribution et de vente d'énergie électrique 39
Arrêté du 19 décembre 1916 relatif aux Sociétés de distribution d'énergie électrique 39
Arrêté du 27 décembre 1916 relatif à la répartition des services du Sous-Secrétariat des Transports 39
Arrêté du 3 janvier 1917 fixant la composition des sections du Conseil général des Ponts et Chaussées 359
Arrêté du 10 février 1917 nommant le président, le vice-président et les secrétaires du Comité permanent d'électricité pour 1917 et 1918 359
Arrêté du 10 février 1917 nommant les membres de la Commission des distributions électriques pour les années 1917-1918 360
Arrêté du 4 mars 1917 relatif à la taxation des charbons français 479
Arrêté du 19 mars 1917 abrogeant les dispositions de précédents arrêtés qui autorisent l'exportation de certains produits et objets à destination de divers pays 599
Arrêté du 2 avril 1917 relatif aux frais de contrôle dus à l'Etat par les entrepreneurs de distribution d'énergie électrique 600
Arrêté du 11 avril 1917 nommant des membres de la Conférence de la main-d'œuvre 759
Arrêté du 13 avril 1917 autorisant l'importation de marchandises 759
Arrêté du 13 avril 1917 relatif aux autorisations d'importation et à la vente en France des marchandises comprises dans la liste n° 3 de l'arrêté du 13 avril 1917 960
Arrêté du 18 avril 1917 nommant un secrétaire adjoint de la Commission des distributions d'énergie électrique 720
Arrêté du 12 mai 1917 modifiant et complétant l'arrêté du 13 avril 1917 sur la prohibition de sortie 880
Arrêté du 16 mai 1917 instituant une commission extraparlementaire dite commission de la tourbe. 880
Arrêtés du 26 mai 1917 modifiant la composition du Conseil d'administration du Conservatoire National des Arts et Métiers et de la Commisssion technique du Laboratoire d'essais de cet établissement et nommant des membres de ce Conseil d'administration et de cette Commission technique 1000

Circulaires, Décisions, etc. — Circulaire concernant la répartition du charbon 759
Décision relative aux autorisations d'importation antérieures au 1er novembre 1916 600
Ordonnance concernant la consommation du gaz et de l'électricité dans Paris et le département de la Seine 39
Réglementation des salaires pour les fabrications de guerre 439
Déclaration obligatoire des matières en cuivre 760

JURISPRUDENCE

Tribunal civil de la Seine : affaire Georgi contre Lothammer (*Paul Bougault*) 839
Tribunal civil de la Seine. Jugement du 8 mai 1917 : affaire Société The Aron Electricity Meter Ld, de Londres, contre M. Navarre, séquestre de la Compagnie des Compteurs Aron, Levallois-Perret 1039
Tribunal de Commerce de Grenoble : Société Générale de Force et Lumière contre Société Etablissements Arbel 160

Divers

SOCIÉTÉS SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES

Académie des Sciences. — Les prix de l'Académie des Sciences pour 1916 170
La conductibilité de l'air et du mica (*E. Branly*) 283
Rapport de M. Le Chatelier sur les laboratoires nationaux de recherches scientifiques 607
Appareil d'induction pour la recherche des projectiles (*St. Procopiu*) 888
Sur le potentiel explosif dans l'anhydride carbonique aux pressions élevées (*Ch.-E. Guye* et *Stancescu*). 941
Académie de Turin. — Le prix Bressa 442
Association française pour l'avancement des Sciences. — Liste des conférences de 1917 42

Digitized by Google

Bureau des longitudes. — Nomination du Bureau pour 1917 82

Comité électrotechnique français. — Séance du 31 janvier 1917 : Renouvellement du bureau ; revision des statuts, nombre des délégués, unification du matériel électrique 285
Le Comité électrotechnique français et l'unification industrielle 281

Société de chimie industrielle. — Annonce de sa fondation 882

Société d'encouragement pour l'industrie nationale. — Aperçu historique sur les laboratoires de recherches scientifiques existant en France. Mesures à prendre pour les mieux utiliser (*Général Sébert*) 604

Société française de Physique. — Séance du 16 février 1917 : Communication de M.-E. Mazo sur « un filtre radiographique » 286
Séance du 4 mai 1917 : Communications de M. Nieweglowski sur « une nouvelle méthode radioscopique de localisation » et sur « une imperméabilisation improvisée de tous vêtements et chaussures » ; de M. Ch.-Ed. Guillaume sur « ses nouvelles recherches sur l'invar » 722
Séance du 18 mai 1917 : Communications de M. A. Pérot sur « un procédé de localisation radiographique » et de M. Raveau sur « la surface des indices et la surface de l'onde dans les cristaux magnétiques » 882
Séance du 15 juin 1917 : Communication de M. B. Chauveau sur « l'histoire de l'électricité atmosphérique » 962

Société internationale des électriciens. — Les nouveaux statuts de la Société internationale des électriciens 922
Rapports administratifs et financiers 1002
Séance du 5 avril 1917 : Communication de M. Féry sur une « pile à densité et à faible usure locale » ; Réponse de M. D. Berthelot aux objections de M. Langevin 562
Séance du 3 mai 1917 : Communication de M. Latour sur « le compoundage des alternateurs » 722
Séance du 7 juin : Communication de M. Picou sur le « compoundage des alternateurs ». 922

American Institute of electrical Engineers. — Le voltmètre à corona (*J.-B. Whitehead* et *M.-W. Pullen*) 49
Résultats d'expérience et récents progrès dans les systèmes de protection des stations centrales (*N.-L. Pollard* et *J.-T. Lawson*) 103
La remise en marche d'une distribution après une interruption forcée (*F.-E. Ricketts*) 144
La charge monophasée et les convertisseurs de phase (*Torchio, Gilman* et *Fortescue, Alexanderson* et *Hill, Eglin*) 184
Garanties rationnelles de température pour les grands alternateurs (*F.-D. Newbury*) 229
Croissance et amortissement (*Julian Loebenstein*) 468
Les courants oscillants traités par la méthode des vitesses angulaires généralisées (*V. Bush*) 645
Le problème pratique de l'influence des lignes à haute tension sur les lignes téléphoniques (*Griswold* et *Mastick*) 763
La distribution des températures dans les machines électriques (*B.-G. Lamme*) 804
Recherches effectuées sur les isolateurs à suspension en porcelaine en vue de déterminer leurs causes de détérioration par l'âge (*J.-E. Woodbridge, Harris J. Ryan* et *J.-C. Clark*) 943
Protection des points neutres de transformateurs contre les ondes instantanées destructives (*Max H. Collbohm*) 980

Association suisse des électriciens. — Rapport sur la protection des installations électriques contre les surtensions, élaboré par le secrétariat général de l'Association suisse des électriciens 645
La revision des prescriptions fédérales suisses concernant la construction des lignes électriques (*A. Pillonel*) 869
Les appareils de chauffage électrique 990

Institution of electrical Engineers. — La mise en parallèle des stations génératrices (*J.-S. Peck*) ... 453
Les télégraphes et les téléphones dans les colonies britanniques (*R.-W. Weightman*) 820
Transformateurs de fréquence (*R. Townsend*) 891

SOCIÉTÉS PROFESSIONNELLES

Syndicat professionnel des industries électriques. — Assemblées générales ordinaire et extraordinaire du 24 avril 1917 562

Syndicat professionnel de l'industrie du gaz. — Assemblée générale annuelle du 8 mars 1917 875

SOCIÉTÉS INDUSTRIELLES, COMMERCIALES, FINANCIÈRES

Banque nationale de Crédit. — Assemblée Générale du 1er mai 1917 830

Compagnie centrale d'Éclairage par le gaz (Lebon et Cie). — Assemblées générales ordinaire et extraordinaire du 30 mars 1917 713

Compagnie centrale d'Eclairage et de Transport de force par l'électricité (Compagnie d'électricité de Limoges). — Assemblée générale ordinaire du 26 avril 1917 829

Compagnie électrique de la Loire et du Centre. — Assemblée générale ordinaire du 15 novembre 1916 74

Compagnie d'électricité de l'Est-Parisien (Est-Lumière). — Assemblée générale ordinaire du 30 décembre 1916 ..... 32, 114

Compagnie Électro-mécanique. — Assemblée générale extraordinaire du 5 janvier 1917 315

Compagnie française des Câbles télégraphiques. — Assemblée générale ordinaire du 8 novembre 1916 515

Compagnie française d'Éclairage et de Chauffage par le gaz. — Assemblée générale ordinaire du 21 décembre 1916 557

Compagnie française d'exploitation des Procédés Thomson-Houston. — Assemblée générale ordinaire du 31 mai 1917 954

Compagnie française des Métaux. — Assemblée générale ordinaire du 21 décembre 1916 356

Compagnie française de Tramways électriques et omnibus de Bordeaux. — Assemblée générale ordinaire du 19 avril 1917 828

Compagnie du Gaz de Lyon. — Assemblées générales extraordinaire du 14 avril 1917 et ordinaire du 11 mai 1917 ..... 829, 914

Compagnie générale d'Eclairage de Bordeaux. — Assemblée générale ordinaire du 27 décembre 1916 398

Compagnie générale d'Electricité. — Assemblée générale ordinaire du 20 décembre 1916 31
Assemblée générale extraordinaire du 15 février 1917. 357

Digitized by Google

Compagnie générale française de Tramways. — Assemblée générale ordinaire du 25 avril 1917... 828
Compagnie générale du Gaz pour la France et l'Etranger. — Assemblée générale ordinaire du 30 novembre 1916 315
Compagnie générale parisienne de Tramways.— Assemblée générale ordinaire du 27 avril 827
Compagnie générale de Travaux d'éclairage et de force (Anciens établissements Clémançon). — Assemblée générale ordinaire du 25 avril 1917 ... 827
Compagnie lorraine d'Electricité. — Assemblée générale extraordinaire du 24 janvier 1917 357
Compagnie des Omnibus et Tramways de Lyon — Assemblée générale ordinaire du 28 avril 1917 ... 794
Compagnie pour la fabrication des Compteurs et Matériel d'usines à gaz. — Assemblée générale ordinaire du 27 octobre 1916 113
Compagnie des Tramways électriques de Limoges — Assemblée générale ordinaire du 4 juin 1917.. 998
Compagnie des Tramways de Rouen. — Assemblée générale ordinaire du 6 mars 1917 594
Compagnie l'Union des Gaz. — Assemblée générale ordinaire du 15 décembre 1916 516
Comptoir national d'Escompte de Paris. — Assemblée générale ordinaire du 14 avril 1917 714
Constructions électriques de Nancy. — Assemblée générale ordinaire du 16 septembre 1916 478
Electricité et Gaz du Nord. — Assemblée générale ordinaire du 21 avril 1917 793
Energie électrique du Littoral méditerranéen. — Assemblée générale extraordinaire du 11 novembre 1916 73
Assemblée générale ordinaire du 9 juin 1917 1035
Energie électrique du Sud-Ouest. — Assemblée générale ordinaire du 4 mai 1917 875
Assemblée générale extraordinaire du 31 mai 1917 .. 953
Maljournal et Bourron. — Assemblée générale ordinaire du 23 octobre 1916 398
Omnium français d'Electricité. — Assemblée générale ordinaire du 21 décembre 1916 478
Omnium lyonnais de Chemins de fer et de Tramways. — Assemblée générale ordinaire du 29 novembre 1916 399
Société anonyme des Etablissements Paz et Silva. — Assemblée générale ordinaire du 14 décembre 1915 397
Société anonyme Les Exploitations Electriques.— Assemblée générale ordinaire du 30 janvier 1917. 437
Société anonyme Fusion des Gaz. — Assemblée générale du 17 avril 1917 793
Société anonyme des Usines de Paris et d'Outreau. — Assemblée générale ordinaire du 25 mai 1917 953
Société d'Applications industrielles. — Assemblée générale ordinaire du 29 décembre 1916 112
Société avignonnaise d'Electricité. — Assemblée générale ordinaire du 4 avril 1917 713
Société Centrale pour l'Industrie électrique. — Assemblée générale ordinaire du 5 mars 1917 755
Société des Chemins de fer et Tramways du Var et du Gard (Tramways de Toulon). — Assemblée générale ordinaire du 22 mars 1917 1036
Société l'Eclairage électrique. — Assemblées générales ordinaire et extraordinaire du 4 novembre 1916 193
Société d'Eclairage électrique de Bordeaux et du Midi. — Assemblée générale ordinaire du 20 décembre 1916 27
Société d'Electricité de Paris. — Assemblée générale ordinaire du 23 décembre 1916 192
Société électrochimique du Giffre. — Assemblée générale ordinaire du 22 mars 1917 829
Société d'Électrométallurgie de Dives.— Assemblée générale ordinaire du 28 novembre 1916 516
Société d'exploitation des appareils Rateau. — Assemblée générale du 17 avril 1917 997
Société des Forces du Fier. — Assemblée générale ordinaire du 26 avril 1917 916
Société française de Chaleur et Lumière.— Assemblée générale ordinaire du 14 décembre 1916 638
Société française d'incandescence par le gaz (Système Auer). — Assemblée générale ordinaire du 24 mars 1917 714
Société générale de Forces motrices et d'Éclairage de la ville de Grenoble. — Assemblée générale ordinaire du 26 avril 1917 876
Société générale pour favoriser le développement du Commerce et de l'Industrie en France. — Assemblée générale annuelle du 29 mars 1917 755
Société hydro-électrique de Lyon. — Assemblée générale ordinaire du 5 juin 1917 997
Société industrielle des Téléphones. — Assemblée générale ordinaire du 18 décembre 1916 75
Société lyonnaise des Forces motrices du Rhône. — Assemblée générale ordinaire du 2 juin 1917 1035
Société des Produits azotés. — Assemblée générale ordinaire du 27 octobre 1916 515
Société pyrénéenne d'Energie électrique. — Assemblée générale ordinaire du 7 novembre 1916. 397
Société des Tramways d'Amiens. — Assemblée générale ordinaire du 6 mars 1917 638
Sud-Electrique. — Assemblée générale ordinaire du 14 décembre 1916 152
Sud-Lumière. — Assemblée générale ordinaire du 21 décembre 1916 275
Tréfileries et Laminoirs du Havre. — Assemblées générales ordinaire et extraordinaire du 22 décembre 1916 153
Assemblée générale extraordinaire du 6 février 1917. 357
Assemblée générale extraordinaire du 31 mai 1917.. 953

ÉTABLISSEMENTS D'ENSEIGNEMENTS ET DE RECHERCHES

Conservatoire National des Arts et Métiers. — Nomination de membres du Conseil d'administration 442
Décrets et arrêtés du 26 mai 1917 modifiant la composition du Conseil d'Administration 1000
Ecole Centrale des Arts et Manufactures. — Conditions du concours d'admission 82
Ecole d'enseignement technique féminin.. 41, 282
Ecole professionnelle de Bien-Hoa (Cochinchine) 912
Ecole professionnelle de Hanoï (Tonkin) 910
Ecole professionnelle de Haïphong (Cochinchine) 912

Digitized by Google

Ecole professionnelle de Hué (Annam) 911
Ecole professionnelle de Pnôm-Penh (Cambodge) 912
Ecole professionnelle de Saïgon (Cochinchine).. 912
Ecole professionnelle de Thudaumont (Cochinchine) 912
Ecole pratique des mécaniciens asiatiques de Saïgon (Cochinchine) 911
Institut électrotechnique de Grenoble. — Cours et conférences pendant l'année 1917-1918 844
Institut supérieur d'Optique. — Projet de création 481
Laboratoire central d'Électricité.— Les travaux et le rôle scientifique international du Laboratoire central d'électricité (*P. Janet*) 241, 243
Laboratoire d'essais du Conservatoire national des Arts et Métiers. — Nomination de membres de la Commission technique 442
Décrets et arrêtés du 26 mai 1917 modifiant la composition de la Commission technique 1000
Université de Grenoble. — L'Université de Grenoble et l'expansion industrielle dans les Alpes Françaises 276
Bureau of Standards. — La protection des couples thermo-électriques de laboratoire (*Arthur W. Gray* 170
Système de commande à distance pour laboratoires d'essais électriques (*P.-G. Agnew, W.-H. Stannard* et *J.-L. Fearing*) 531
La photométrie des lampes à atmosphère gazeuse (*G.-W. Middlekauff* et *J.-F. Skogland*).... 121, 127

INSTITUTIONS DIVERSES

Chambres de Commerce. — Assemblée générale des présidents des Chambres de Commerce 639
Chambre de Commerce d'Alger 830
Chambre de Commerce d'Epinal 639
Chambre de Commerce française de Genève..... 830
Chambre de Commerce de Lons-le-Saunier 916
Chambre de Commerce de Lyon 639
Chambre de Commerce de Marseille 916
Chambre de Commerce de Nancy 639
Chambre de Commerce d'Orléans 756
Chambre de Commerce de Troyes 639
Commission des distributions électriques. — Arrêté nommant les membres de la Commission pour 1917 et 1918 360
Arrêté nommant un secrétaire adjoint 720
Service des grandes forces hydrauliques. — Rappel de l'origine et des travaux de ce Service .. 201

BIOGRAPHIE, NÉCROLOGIE, ETC.

Biographie. — Nos collaborateurs : Berthelot (Daniel) 361
Girardeau (Emile) 601
Distinctions honorifiques. — Légion d'honneur : De la Brosse (Pierre-Marie-René), au titre d'officier 242
Girousse (Gaston-François-Jules), au titre de chevalier 82
Neu (Henri), au titre de chevalier 882
Lauréats de l'Académie des Sciences :
Amagat (Henri) ; prix Jean Reynaud..... 172
Barbillion (Louis ; prix Plumey (navigation) 171
Bellet (Daniel) ; prix Henry de Parville 172
Bourget (Henry) ; prix Janssen (astronomie) 171
Buisson (Henri) ; prix Janssen (astronomie) 171
Chaumont (J.) ; prix Hughes (physique)..... 172
Fabry (Ch.) ; prix Janssen (astronomie) 171
Gérard (Eric) ; prix Kastner-Boursault (physique) .. 170
Glover (Dr Jules) ; prix Montyon (médecine et chirurgie) 172
Lemoine (Jules) ; prix Hébert (physique) 172
Mérigeault (E.) ; prix Montyon (mécanique) 171
Montoriol (E.) ; prix Henri de Parville 172
Torrès y Anevedo (Leonardo) ; prix H. de Parville (mécanique) 171
Nécrologie. — Badin (Adrien) 362
Batelli (Angelo) 482
Bazin (René) (*A. Blondel*) 841
Cance (Alexis) 322
Clerc (Louis) 241
Petit (Paul) 522
Riban (Joseph) 762
Divers. — La réception de M.-F. Reumaux à l'Ecole des Mines 442
Obsèques d'Emile Harlé 521
Inauguration du monument Berthelot 801

CONGRÈS, EXPOSITIONS, COURS, ETC

Congrès. — Congrès général du génie civil national et interallié : Organisation générale du Congrès .. 882
Séance du 9 juin de la Commission de l'électricité industrielle 962
Congrès minier et métallurgique 629
Foires. — La deuxième Foire de Lyon. 441, 464, 510, 586
La dixième Foire de Paris..... 761, 817
Cours, Conférences. — Cours et conférences de l'Institut électro-technique de Grenoble pendant l'année scolaire 1917-1918 846
Les conférences de l'Association française pour l'avancement des sciences 42
Les conférences de la Chambre de Commerce de Grenoble 362
Concours. Prix. — Le prix Bressa de l'Académie de Turin 442
Les prix de l'Académie des Sciences..... 170

BIBLIOGRAPHIE

Ouvrages récents. — Le deuxième Congrès de la houille blanche 122
Annuaire du Syndicat des Usines d'électricité..... 282
Electrical Trades' Directory and Handbook for 1916. 282
Périodiques. — « L'Information d'Extrême-Orient ». 962
Divers. — Le programme de la R. G. E. (*André Blondel*) 1
Sa Réalisation..... 5
A propos de la documentatoin de la R. G. E..... 601
A propos d'une innovation 361
La reliure de la R. G. E 1001
Un « Echo du Matin » 42
Errata de la R. G. E. — Errata des pages 483-490 : Note sur les conditions à remplir au point de vue des coups de bélier par les régulateurs des moteurs hydrauliques (*Comte de Sparre*) 600
Errata des pages 523-531 : Calcul des lignes de transmission d'énergie électrique (*Guerschinovitch*) 680
Errata des pages 723-726 : Calcul des coups de bélier dans les conduites munies d'un réservoir d'air (*C. Camichel*) 1040
Errata des pages 349-352 : Les usines hydro-électriques de l'Etat suédois (*J. Vichniak*) 930
Errata des pages 683-690 : Sur un abaque destiné à faciliter le calcul des rhéostats de démarrage (*P. Poitrimol*) 880

Digitized by Google

TABLE DES NOMS D'AUTEURS

AGNEW (P.-G.), STANNARD (W.-H.) et FEARING (J.-L.) Système de commande à distance pour laboratoires d'essais électriques 531

ALEXANDERSON. — Voir *Torchio, Gilman, Fortescue, Alexanderson, Hill, Eglin* 184

ALEXANDERSON (E.-V.-W.) et HILL (G.-H.). — Production des courants monophasés pour les applications industrielles 373

BANQUE NATIONALE DE CRÉDIT. — Assemblée générale ordinaire du 1er mai 1917 830

BARBILLION (L.-C.). — Sur le diagramme de fonctionnement des moteurs à répulsion 963

BELL (Louis). — Le développement de la puissance hydraulique et l'avenir des réseaux de distribution en Amérique 466

BELLET (Daniel). — La manutention et l'exportation du charbon dans les ports britanniques 194
— Les industries électriques au Japon 591

BENADE (J.-M.). — Voir *Compton (K.-T.)* et *Benade (J.-M.)* 370

BERTHELOT (Daniel). — La théorie des quanta et sa place dans l'histoire des théories physiques modernes 363

BETBENOD (J.). — Sur les courbes caractéristiques et les conditions de stabilité des régimes 1003

BIGNET (Louis). — Les derniers pas de géant de l'électricité en Amérique 1019

BIERMANNS (Joseph). — Voir *Stern (Georg)* et *Biermanns (Joseph)* 767

BLONDEL (A). — Le programme de la R. G. E..... 1
— Nécrologie de René Bazin..... 841

BOURGAULT (Paul). — 1906-1916. Dix ans d'application de la loi sur les distributions d'énergie électrique 33
— Comment peut-on juridiquement installer des conducteurs électriques sur les terrains des tiers pour relier une usine de production aux endroits d'utilisation 195
— Les tramways électriques et les accidents qu'ils causent 757
— Tribunaux : Affaire Georgi contre Lothammer... 839
— La réquisition des usines et la régie intéressée. 917, 955

BOUTARIC (A.). — Les lampes à incandescence..... 848, 931, 972

BRANLY (Edouard). — Conductibilités de l'air et du mica 283

BRATMAN (F.). — Quelques mots sur l'organisation commerciale moderne des entreprises de distribution 26

BRILLOUIN (Marcel). — L'état actuel des théories électriques..... 7
— L'état des théories vers la fin du XIXe siècle.... 46
— Les effets magnétiques des courants de convection 123
— Action du champ magnétique sur le courant de convection. 403

BROOKER (A.). — Mesure des pas de vis 395

BRULARD (J.-E.). — Nivellement des courbes de charge des consommateurs d'électricité 1030

BRYLINSKI (E.). — Sur le système électromagnétique de mesures..... 43
— Sur un aspect de la loi d'Ohm..... 803

BUSH (V.). — Les courants oscillants traités par la méthode des vitesses angulaires généralisées 645

CADOUX. — La lutte économique d'après-guerre 115

CAMBON (Victor). — L'enseignement technique..... 631

CAMICHEL (C.). — Calcul des coups de bélier dans les conduites munies d'un réservoir d'air..... 723

CAMICHEL (G.), EYDOUX (D.) et LHÉRIAUD J). — Les usines hydro-électriques pour traction installées par la Compagnie des Chemins de fer du Midi 287

CAMILLERAPP. — Application de l'oscillographe à l'étude des moteurs à explosion 643

CARCANO (F.-F.). — L'électricité comme moyen d'utilisation rationnelle des combustibles..... 308

CARVER (Harry F.). — Les inventaires permanents : leur préparation et leur valeur 353

CHAMBRE SYNDICALE DE LA PORCELAINE ÉLECTROTECHNIQUE. — La porcelaine électrotechnique..... 22, 58, 132, 180

CHASE (P.-H.). — La nouvelle usine génératrice de la New-Jersey Cy 947

CHILLAS (J.-R.). — Appareils de projection 588

CLARK (J.-C.). — Voir *Woodbridge (J.-E.)*, *Egan (Harris-J.)* et *Clark (J.-C.)* 943

COLLBOHM (Max.-H.). — Protection des points neutres de transformateurs contre les ondes instantanées destructives 980

COMPAGNIE CENTRALE D'ÉCLAIRAGE PAR LE GAZ (Lebon et Cie). — Assemblée générale ordinaire et extraordinaire du 30 mars 1917 713

COMPAGNIE CENTRALE D'ÉCLAIRAGE ET DE TRANSPORT DE FORCE PAR L'ÉLECTRICITÉ (Compagnie d'électricité de Limoges). — Assemblée générale ordinaire du 26 avril 1917 829

Digitized by Google

Compagnie des Omnibus et tramways de Lyon. — Assemblée générale ordinaire du 28 avril 1917.... 794

Compagnie des Tramways de Rouen. — Assemblée générale ordinaire du 6 mars 1917 594

Compagnie électro-mécanique. — Assemblée générale extraordinaire du 5 janvier 1917 315

Compagnie française des cables télégraphiques. — Assemblée générale ordinaire du 8 novembre 1916 515

Compagnie Française d'Eclairage et de Chauffage par le gaz. — Assemblée générale ordinaire du 21 décembre 1916 557

Compagnie Française des métaux. — Assemblée générale ordinaire du 21 décembre 1916 356

Compagnie Française des tramways électriques et omnibus de Bordeaux. — Assemblée générale du 19 avril 1917 828

Compagnie générale d'Eclairage de Bordeaux. — Assemblée générale ordinaire du 27 décembre 1916 398

Compagnie générale d'électricité. — Assemblée générale extraordinaire du 15 février 1917 357

Compagnie générale du gaz pour la France et l'Etranger. — Assemblée générale ordinaire du 30 novembre 1916 315

Compagnie générale Française de tramways. — Assemblée générale ordinaire du 25 avril 1917 828

Compagnie générale parisienne de tramways. — Assemblée générale ordinaire du 27 avril 1917 827

Compagnie générale de travaux d'éclairage et de force (Anciens établissements Clemançon). — Assemblée générale ordinaire du 25 avril 1917 827

Compagnie Lorraine d'Electricité. — Assemblée générale extraordinaire du 24 janvier 1917 357

Compagnie l'Union des Gaz. — Assemblée générale ordinaire 516

Comptoir National d'Escompte de Paris. — Assemblée générale ordinaire du 14 avril 1917 714

Compton (Arthur.-H.). — L'intensité de la réflexion des rayons X et la distribution des électrons dans les atomes 896

Compton (K.-T.) et Benade (J.-M.). — Sur la nature des collisions d'électrons avec les molécules gazeuses 370

Constructions électriques Nancy. — Assemblée générale ordinaire du 16 septembre 1916 478

Crooker (Sylvan-J.). — Sur les pertes par couronnes sous potentiel constant pour des conditions de surface et des métaux différents 327

Cumberland. — Méthode électrique pour la protection des surfaces métalliques contre les corrosions. 179

Dachary (Ch.). — Applications des transformateurs-suceurs à la ligne électrique à courant monophasé de Perpignan à Villefranche de la Compagnie des Chemins de fer du Midi 331, 535

Dauvillier (A.). — Sur la forme de la décharge électrique dans les tubes à rayons X 443

David (Ch.). — Règles britanniques d'unification pour les machines électriques 225

Delamarre (Ach.). — La résistance mécanique des poteaux en bois 345, 389

— Le labourage électrique 691

— Prix de revient comparés du labourage mécanique. 860

Dieterich (E.-O.). — Voir *Kennard* (*E.-H.*) et *Dieterich* (E.-O.) 942

Dubois (Max). — Le relief de charge du Sud-Electrique 981

Ducrest (P.). — La houille blanche dans les Alpes.. 761

Duddell (W.). — La Radiotélégraphie à longue distance 88

Dufour (P.-F.). — Les contrats de vente d'énergie et les compteurs à haute tension 784

— Un nouveau compteur à haute tension 1007

Dunn (Harold-H). — Voir *Schmidt* (*Edw.*) et *Dunn* (*Harold.-H.*) 853

Eglin. — Voir *Torchio, Gilman, Fortescue, Alexanderson, Hill, Eglin* 184

Electricité et Gaz du Nord. — Assemblée générale ordinaire du 21 avril 1917 793

Esbran (E.). — La locomotive électrique et la traction des trains à grande vitesse 740

Eydoux (D.). — Voir *Camichel* (G.). *Eydoux* (*D.*), et *Lhériaud* (J.). 287

— Sur l'utilisation rationnelle des chutes d'eau pour la création d'usines hydro-électriques 857

Etablissements Paz et Silva. — Assemblée générale ordinaire du 14 décembre 1916 597

Fearing (J.-L.). — Voir *Agnew. Stannard* et *Fearing*.

Féry (Ch.). — Théorie chimique et fonctionnement physique de l'accumulateur au plomb 10

— Pile à densité et à faible usure locale 323

Ferranti (Sébastien Zani de). — Perfectionnements aux transformateurs électriques 188

Fortescue. — Voir *Torchio, Gilman, Fortescue, Alexanderson, Hill, Eglin* 184

Fougère. — L'organisation du Crédit en France après la guerre 630

Frank (P.) et Fahy. — Nouveau perméamètre 731

Fusion des gaz. — Assemblée générale du 17 avril. 793

Gaz de Lyon. — Assemblée générale extraordinaire du 14 avril 1917 829

Gilman. — Voir *Torchio, Gilman, Fortescue, Alexanderson, Hill, Eglin* 184

Giran (H.). — La houille blanche dans les Pyrénées 773, 784, 809, 816

Girardeau. — Organisation moderne d'une entreprise de construction de petit matériel électrique 546, 613

Girault (Paul). — Sur les essais de polarité dans les transformateurs 84

Glew (Harrison). — Sur l'emploi de la fluorescence et de la phosphorescence à la production d'effets lumineux 1017

Gray (Arthur-W). — La protection des couples thermo-électriques de laboratoire..... 161, 170

Griffiths (Eger et Egar). — Four électrique pour les essais de matériaux réfractaires 490

Griswold et Mastick. — Le problème pratique de l'influence des lignes à haute tension sur les lignes téléphoniques 763

Guerner (Jean). — Les corrosions des surfaces métalliques immergées 173

Guerschinovitch (B.). — Calcul pratique des lignes de transmission d'énergie électrique..... 523

Digitized by Google

GUYE (Ch.-Eug.). — Sur l'équation de la décharge disruptive et la possibilité de trois sortes de potentiels explosifs 610

GUYE (Ch.-E.) et STANCESCU. — Sur le potentiel explosif dans l'anhydride carbonique aux pressions élevées 941

HANSSON (A.). — Sur l'essai diélectrique des machines 845

HARVEY (A.-E.). — La manutention économique du matériel de voie ferrée sur les lignes de tramways.. 791

HAUTERIVE (Max d'). — Les problèmes de la démobilisation 194

HAYES (Stephen Q.) et HEWLETT (E.-M.). — Sur la capacité de rupture des disjoncteurs à huile 367

HERBERT (E.-Ives). — Le corps noir à la température de fusion du platine comme point fixe en photométrie 52

HEWLETT (E.-M.). — Voir *Hayes* (*Stephen-Q.*) et *Hewlett* (*E.-M.*) 367

HILL (G.-H.). — Voir *Torchio*, *Gilman*, *Fortescue*, *Alexanderson*, *Hill*, *Eglin*. 184
— Voir *Alexanderson* et *Hill* 373

HOGAN (John-L.). — La télégraphie et la téléphonie avec ou sans fil aux Etats-Unis 587

JANET (P.). — Les travaux et le rôle scientifique international du Laboratoire central d'électricité..... 243
JENSEN (J.-C.). — Comparaison des potentiels de décharge en courant continu et en courant alternatif 371

KAMINER (A.) et VICHNIAK (J.). — La protection des installations hydrauliques contre les glaces. 569, 701
KARRER (Enoch.). — La photométrie physique 894
KENNARD (E.-H.) et DIETERICH (E.-O.). — Influence de la lumière sur le potentiel du sélénium et de l'oxyde de cuivre..... 942
KENNELLY (A.-E.) et SHURIG (O.-R.). — Résistances à la traction relatives à un fourgon électrique de livraison sur différentes routes et à différentes vitesses..... 165
KLINGENBERG (G.). — La protection contre les surintensités de la centrale de Golpa 1033
KNIGHT (W.). — Moteurs pour la commande des laminoirs 214
KOHN (Henri). — Douille de lampe à incandescence.. 996

LA BROSSE (R. de). — La houille blanche dans les Alpes Françaises au début de 1916 233
LACEY (E.-M.). — Petites ou grandes stations centrales 286
LAMME (B.-G.). — La distribution des températures dans les machines électriques 804
LANGEVIN. — Sur la production des étincelles musicales par courant continu 374
LANGMUIR (Irving). — Pompes à vide élevé à condensation 491
LA RUE (E.). — La rivière Colorado et son utilisation 162
LATOUR (M.). — Le compoundage des alternateurs.. 923
LAWSON (J.-T.). — Voir *Pollard* (*N.-L.*) et *Lawson* (*J.-T.*) 103
LEBLANC FILS (Maurice). — Sur l'éclairage artificiel des ateliers 461
— L'éclairage des ateliers de prise de films aux Etats-Unis 672
LE CHATELIER. — Rapport sur les laboratoires nationaux de recherches scientifiques 607
— Quelques problèmes scientifiques à résoudre..... 655
LEFFLER (W.-S.). — Organisation rationnelle de la campagne commerciale d'une entreprise de distribution 032
LEGOUEZ (F.). — Coup d'œil sur l'état de l'Industrie électrique française 29
— L'outillage industriel 309
L'ECLAIRAGE ÉLECTRIQUE. — Assemblées générales ordinaire et extraordinaire du 4 novembre 1916. 193
LECLER (Paul). — L'électricité et l'alimentation nationale 107
— L'organisation industrielle 131
LESLIE (M.-D.). — Ligne de transmission pour petites agglomérations 790
LERICI (Carlo Maurilio). — La traction électrique sur les grandes lignes italiennes de chemin de fer.... 657
LES EXPLOITATIONS ÉLECTRIQUES. — Assemblée générale ordinaire du 30 janvier 1917 437
LÉVY-SALVADOR (Paul). — Régularisation du régime des cours d'eau utilisés à la production de l'énergie hydro-électrique 253
LHÉRIAUD (J.). — Voir *Camichel* (*G.*). *Eydoux* (*D.*) et *Lhériaud* (*J.*)..... 287
LOEB (Léonard-B.). — Mobilités des ions gazeux dans les champs électriques intenses 494
LIEBENSTEIN (Julian). — Croissance et amortissement 468
LOPPÉ (F.). — Notes économiques sur l'Allemagne .. 477
— Les matières de remplacement pour l'électrotechnique en Allemagne 514
— Le commerce allemand après la guerre 716
— L'industrie électrique en Allemagne..... 993
LÜBECK (Sven). — Les forces hydrauliques de la Suède 154

MASTICK (S.-C.). — Sur la législation et la jurisprudence relatives aux brevets aux Etats-Unis..... 795
Voir *Griswold* et *Mastick*..... 763
MÉRÉ. — La question de l'apprentissage 714
MEYER (M.). — La réglementation des salaires pour les fabrications de guerre 439
MIDDLEKAUFF (G.-W.) et SKOGLAND (J.-F.). — La photométrie des lampes à atmosphère gazeuse 127

NEESER (R.). — Régulateur pour turbine hydraulique. 771
NEU (Henri). — Nomination au grade de chevalier de la Légion d'honneur 882
NEWBURY (F.-D.). — Garanties rationnelles de températures pour les grands alternateurs 229
NICHOLAS (Frédéric). — Sur l'emploi des surplus d'énergie pour la préparation de l'acide nitrique et des nitrates aux Etats-Unis 590

OMNIUM FRANÇAIS D'ÉLECTRICITÉ. — Assemblée générale ordinaire du 21 décembre 1916 478
OMNIUM LYONNAIS DE CHEMINS DE FER ET TRAMWAYS. — Assemblée générale ordinaire du 29 novembre 1916 399

PAYEN (Ferdinand). — Les restrictions apportées à la libre distribution de l'énergie 77
PAWLOWSKI (Auguste). — Les mines de fer françaises et la guerre 559
PECK (M.-J.). — La mise en parallèle des stations génératrices 453

Digitized by Google

PECTOR (Désiré). — Chronique économique 71
— Importations et exportations françaises 355
— Commerce de l'Italie en matériel électrique d'après les statistiques douanières de ce pays 429, 471
— Importations et exportations françaises 913

PICOU (R.-V.). — Unification des isolateurs de ligne.. 301
— Rapport de la Commission d'unification des isolateurs de lignes 306
— Courants admissibles dans les câbles armés souterrains. 410

PIERNET (E.). — Quelques considérations sur le réglage de la tension par les régulateurs automatiques instantanés 337
— L'équipement des chutes d'eau pour les usages électro-métallurgiques 379

PILLONEL (A.). — La revision des prescriptions fédérales suisses concernant la construction des lignes électriques 869

PILON (H.). — Radiométallographie : le tube, l'appareillage, l'application 735

POITRIMOL (P.). — Sur un abaque destiné à faciliter le calcul des rhéostats de démarrage..... 683
Erratum 880

POLLARD (N.-L.) et LAWSON (J.-T.). — Résultats d'expérience et récents progrès dans les systèmes de protection des stations centrales 103

POMEY (J.-B.). — Unités et formules de dimension ... 563
— Théorie élémentaire du magnétisme 206
— Sur la réciprocité des actions électriques et magnétiques 9
— Sur les analogies mécaniques des phénomènes électriques 163
— Oscillations dans les circuits divisés 365
— Analogies mécaniques des phénomènes de couplage entre deux circuits oscillants de télégraphie sans fil 83

POUX (G.). — De la fabrication des appareils d'éclairage artistiques 457

PREZ CRASSIER (J. de). — Les Brevets Flemming et de Forest 277

PROCOPIU (St.). — Appareil d'induction pour la recherche des projectiles 888

PULLEN (M.-W.). — Voir *Whitehead* (*J.-B.*) et *Pullen* (*M.-W*) 49

RAYMOND (R.). — L'extension de la distribution de l'électricité dans les grandes villes 63

RICE (E.-W.). — Les ingénieurs et les questions économiques et politiques. — Les idées d'un industriel américain 357

RICKETTS (F.-E.). — La remise en marche d'une distribution après une interruption forcée 144

RIGNEY (S. de). — Relèvement des tarifs des compagnies de distribution en raison de la hausse des charbons. — Conditions d'homologation 717
— Concessions concurrentes de distribution d'énergie électrique. — Recherche de l'équivalence des conditions. Avis de la Section des Travaux publics du Conseil d'Etat 1037

RIKLI (H.). — De la détermination des pertes additionnelles dans le cuivre des machines à courant alternatif 727

ROUX (George P.). — Connexions de fortune pour transformateurs 220
— Etude économique de la transmission de l'énergie électrique 413

ROESER (Harry M.). — Sur la détermination des constantes des formules linéaires empiriques 856

RYAN (Harris J.). — Voir *Woodbridge* (*J.-E*), *Ryan* (*Harris-J.*) et *Clark* (*J.-C.*) 943

SAMUELS (M.). — Construction et disposition des installations à haute tension 907

SAROLEA (J.). — Les accidents de surtension. 215, 267, 383

SCHMIDT (Edw.-C.) et DUNN (Harold-H.). — La résistance à la traction en courbes d'une voiture électrique de 28 t..... 853

SCHURIG (O.-R.). — Voir *Kennelly* (*A.-E.*)..... 165

SCOUMANNE (F.). — L'établissement d'un catalogue. 99, 137

SÉBERT (Général). — Aperçu historique sur les laboratoires de recherches scientifiques existants..... 604

SHELTON (F.-K.). — La protection des circuits téléphoniques dans les distributions d'énergie électrique 376

SHIRLEY (O.-E.). — Analyse d'oscillogrammes de court-circuit 1012

SKOGLAND (J.-F.). — Voir *Middlekauff* (*G.-W.*) et *Skogland* (*J.-F.*)..... 127

SMITH (Keith-K.). — L'effet Corbino dans différents conducteurs mesuré par le couple électro-magnétique produit 87

SOCIÉTÉ AVIGNONNAISE D'ÉLECTRICITÉ. — Assemblée générale ordinaire du 4 avril 1917 713

SOCIÉTÉ CENTRALE POUR L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE. — Assemblée générale ordinaire du 5 mars 1917 755

SOCIÉTÉ D'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE DE BORDEAUX ET DU MIDI. Assemblée générale ordinaire du 2 décembre 1916..... 275

SOCIÉTÉ D'ÉLECTRICITÉ DE PARIS. Assemblée générale ordinaire du 23 décembre 1916 192

SOCIÉTÉ ÉLECTROCHIMIQUE DU GIFFRE. — Assemblée générale ordinaire du 22 mars 1917 829

SOCIÉTÉ D'ÉLECTRO-MÉTALLURGIE DE DIVES. — Assemblée générale ordinaire du 28 novembre 1916 516

SOCIÉTÉ DES ÉTABLISSEMENTS MALJOURNAL ET BOURRON. — Assemblée générale ordinaire du 23 octobre 1916 398

SOCIÉTÉS DES PRODUITS AZOTÉS. — Assemblée générale ordinaire du 27 octobre 1916 515

SOCIÉTÉ DES TRAMWAYS D'AMIENS. — Assemblée générale ordinaire du 6 mars 1916 638

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE CHALEUR ET LUMIÈRE. — Assemblée générale ordinaire du 14 décembre 1916 638

SOCIÉTÉ FRANÇAISE D'INCANDESCENCE PAR LE GAZ (SYS. Auer). — Assemblée générale ordinaire du 24 mars 1917 714

SOCIÉTÉ GÉNÉRALE POUR FAVORISER LE DÉVELOPPEMENT DU COMMERCE ET DE L'INDUSTRIE EN FRANCE. — Assemblée générale annuelle du 29 mars 1917 755

SOCIÉTÉ LORRAINE DES ANCIENS ÉTABLISSEMENTS DE DIETRICH ET Cie DE LUNÉVILLE. — Dispositif d'entraînement des magnétos 330

SOCIÉTÉ PYRÉNÉENNE D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE. Assemblée générale ordinaire du 7 novembre 1917. 397

SOUCY (Jacques de). Les usines et le réseau de la Société hydro-électrique des Basses-Pyrénées ... 495

Digitized by Google

SPARRE (Comte de). — Note sur les conditions à remplir au point de vue des coups de bélier par les régulateurs des moteurs hydrauliques 483
— Note sur les coups de bélier dans une conduite formée de trois sections de diamètres différents pour lesquelles la durée de propagation est la même ... 1016
STANCESCU. — Voir *Guye (Ch.-E.)* et *Stancescu* 941
STANNARD (W.-H.). — Voir *Agnew, Stannard* et *Fearing* 551
STERN (Georg) et BIERMANNS (Joseph). — Essais sur les interrupteurs à huile 767
SUD-LUMIÈRE. — Assemblée générale ordinaire du 21 décembre 1916 275
TAILLEFER (André). — La protection de la propriété industrielle 117, 157
TASTE (L. DE LA). — La crise du gaz devant les conseils de préfecture 831, 839
THOMAS (C.). — Electrification des lignes de banlieue des chemins de fer de l'Etat. Sous-station de transformation du Pont-Cardinet.... 13, 53, 89
THOMPSON TROLAND (Léonard). — L'éclat apparent ; ses conditions et ses propriétés 806
TICHER (R.). — Représentation en relief de l'énergie distribuée 98
TORCHE (Paul-J.-A.). — Des cas de surtensions qui ne devraient pas se présenter 984
TORCHIO, GILMAN, FORTESCUE, ALEXANDERSON, HILL, EGLIN. — La charge monophasée et les convertisseurs de phase 184
TOWNEND (R.). — Transformateurs de fréquence.. 891
TRÉFILERIES ET LAMINOIRS DU HAVRE. — Assemblée générale extraordinaire du 6 février 1917 357
TUMERELLE (A.). — Action d'un poids agissant au milieu d'une portée de ligne aérienne 883
VIARD (Georges). — La téléphonie à grande distance. 454
VICHNIAK (J.). — La tourbe et l'Industrie électrique. 147
— Les usines hydro-électriques de l'Etat suédois.. 349, 900
— Les nouvelles lignes de chemins de fer et l'industrie électrique en Russie 633
— Le cuivre et la guerre..... 189, 236
— Voir *Kaminer* et *Vichniak*..... 169, 711
WARNER (Earle H.).— Etude des lois reliant la pression d'ionisation au courant dans l'effet de couronne obtenu sous des potentiels constants..... 129
WEIGHTMAN (R.-W.). — Les télégraphes et les téléphones dans les colonies britanniques 820, 826
WEISS (Pierre). — Le magnéton..... 203
WERT (Frank), — Le client d'une station centrale a-t-il « toujours raison? » 874
WHITEHEAD (J.-B.) et PULLEN (M.-W.). — Le voltmètre à corona 49
WIERNSBERGER (Paul) .— Les écoles professionnelles de nos colonies d'Orient 910
WILSON (A.). — Théorie de la chute de potentiel cathodique 212
WOODBRIDGE (J.-E.), RYAN (J.-H.) et CLARK (J.-C.). — Recherches effectuées sur les isolateurs à suspension en porcelaine, en vue de déterminer leurs causes de détérioration par l'âge 943
WOODWORTH (Joseph-W.). — L'outillage américain pour la fabrication en série 762
ZIEGENBERG. — Nouveaux dispositifs pour compteurs électriques 210

Digitized by Google

RÉPERTOIRE GÉOGRAPHIQUE

Anniston (Etats-Unis, Massachusetts). — Sous-station extérieure 427
Alabama (Etats-Unis). — Réseau de distribution... 426
Allemagne. — Notes économiques..... 66, 477, 514
Amiens (France, Somme). — Relèvement des tarifs. 231
Aroostook, Valley (Maine, Etats-Unis). — Ligne de traction 142

Banca (France, Basses-Pyrénées). — Usine hydro-électrique 496
Bedfort (Etats-Unis, Ohio). — Ligne de transport.. 468

Canton (Etats-Unis, Ohio). — Ligne de transport .. 468
Cedar Rapids (Etats-Unis). — Ligne sur pylônes métalliques 468
Chassin (Basses-Pyrénées). — Sous-station 507
Chicago, (Milwaukee and Saint-Paul Railway), (Etats-Unis). — Installations électriques..... 577
Locomotives électriques 863
Exploitation 986
Chicopée (Etats-Unis, Massachusetts). — Sous-station extérieure 425

Dayton (Etats-Unis, Ohio). — Sous-station sur poteau 468
Des-Moines (Etats-Unis, Iowa). — Sous-stations de traction automatiques 788
Dijon (France, Côte-d'Or). — Relèvement des tarifs d'électricité 640
Dodge-Bucklin (Etats-Unis, Arkansas). — Ligne de transmission 790
Donetz (Russie). — Equipement électrique des houillères 547

East-Portal (Etats-Unis, Montana). — Sous-station de traction 579
Eget (France, Hautes-Pyrénées). — Usine..... 298

France. — Mines de fer 559

Gadsden (Etats-Unis). — Sous-station 427

Haiphong (Tonkin). — Ecole professionnelle 912
Hanoi (Tonkin). — Ecole professionnelle 910
Hartford (Etats-Unis). — Ligne de transmission... 468
Hué (Annam). — Ecole professionnelle 911

Italie. — Commerce en matériel électrique..... 471
Production de la cyanamide 518
Dénonciation des traités de commerce .....

Japon. — Industries électriques .....

Kiruna-Riksgränsen (Suède). — Traction électrique du minerai 552

Luck (Etats-Unis). — Usine hydro-électrique et sous-station 426

Morel (Etats-Unis, Montana). — Sous-station de traction 581
Mouguerre (France, Basses-Pyrénées). — Usine de secours..... 504

Neste (France, Hautes-Pyrénées). — Aménagement des eaux de la Neste..... 255
New-Jersey (Etats-Unis). — Stations centrales 103
Niagara Falls (Etats-Unis). — Pylône pour poste de transformation 468
Norvège. — Industrie électrochimique 578

Pacific-Coast (Etats-Unis). — Ligne de transport. 468
Paris (Pont-Cardinet). — Sous-station de transformation 13, 53, 89
Perpignan et Villefranche (France, Pyrénées-Orientales). — Ligne électrique à courant monophasé..... 231
Piedmont et Jaunay (Etats-Unis, Montana). — Sous-station de traction 578
Pnom-Penh (Cochinchine). — Ecole professionnelle. 912

Russie. — Chemin de fer et industrie électrique.... 633

Saïgon (Cochinchine). — Ecole pratique des mécaniciens asiatiques 911, 912
Salt Lake City et Payson (Etats-Unis). — Sous-station de traction 395
Soulom (France, Hautes-Pyrénées). — Usine de Soulom 288

Thudaumont et Bien-Hoa (Cochinchine). — Ecoles professionnelles 912
Transvaal. — Industrie minière 399
Trollhättan (Suède). — Usine génératrice 900
Truyère (France, Massif central). — Régularisation de la Truyère..... 259

Windsor (Etats-Unis, Wisconsin). — Fixation des câbles 468

Digitized by Google

INDEX DES ANNONCES

MATÉRIEL ÉLECTRIQUE

Accumulateurs.

DININ (Alfred), 18, route de Cherbourg, Nanterre (Seine).

FULMEN (ACCUMULATEURS), 18, Quai de Clichy (Seine).

GADOT (Paul), Porte Champerret, Levallois (Seine).

HEINZ, 2, rue Troïchet, Paris (9e).

PARIS-RHONE, 41, rue du Chemin-de-Saint-Priest, Lyon-Monplaisir et 10, rue Auber, Paris (9e).

SOCIÉTÉ GRAMME, 26, rue d'Hautpoul, Paris (19e).

SOCIÉTÉ POUR LE TRAVAIL ÉLECTRIQUE DES MÉTAUX, 26, rue Laffitte, Paris (9e).

TUDOR, 26, rue de la Bienfaisance, Paris (8e).

Appareillage électrique.

ASÉA Société (Suédoise d'électricité), Vasteras (Suède) et 54, faubourg Montmartre, Paris (9e).

ATELIERS DE CONSTRUCTIONS ELECTRIQUES DE DELLE, 28, boul. de Strasbourg, Paris (10e).

ATELIERS DE CONSTRUCTIONS ÉLECTRIQUES DU NORD ET DE L'EST, Jeumont (Nord) et 75, boul. Haussmann (8e).

CADIOT, 31, rue de Maubeuge, Paris (10e).

COMPAGNIE ELECTRO-MÉCANIQUE, 12, rue Portalis (8e).

COMPAGNIE GÉNÉRALE ELECTRIQUE DE NANCY, rue Oberlin, Nancy (M.-et-M.)

COMPAGNIE GÉNÉRALE D'ELECTRICITÉ, 54, rue La Boétie, Paris (8e).

DELAFON (Vve), 82, Boul. Richard-Lenoir (11e).

DEMOLY (E.), 43, rue de Trévise, Paris (9e).

ECLAIRAGE ELECTRIQUE (L'), 8, rue de d'Aguesseau, Paris (8e).

GARDY, 23, rue de la Voie-les-Bœufs, Argenteuil.

GENERAL ELECTRIC DE FRANCE, 10, rue Rodier, Paris (9e).

GRIVOLAS (Appareillage Electrique), 16, rue Montgolfier, Paris (3e).

HEDIGER (Jean), 47, rue de Paradis, Paris (10e).

HELDT DEYDIER ET Cie, 2, rue de la République, Paris (11e).

ISENTHAL ET COMPAGNIE, Penzil Works, Wil'esden, London N. W. 10.

JAPY frères, Beaumont (Haut-Rhin), 7, rue du Château-d'Eau, Paris (10e).

LECOQ ET MARTIN, Acacias, près de Genève (Suisse).

LEGENDRE frères, 27, rue Saint-Fargeau, Paris (20e).

MALJOURNAL ET BOURRON, 128, avenue Thiers, Lyon.

MANUFACTURE D'APPAREILLAGE ELECTRIQUE SPÉCIAL, Trévoux (Ain).

MOVO S. A., 10, rue du Jura, Vevay (Suisse).

PARIS-RHONE, 41, rue du Chemin-de-Saint-Priest, Lyon-Monplaisir, et 10, rue Auber, Paris (9e).

SCHNEIDER ET Cie, 42, rue d'Anjou, Paris (8e).

SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES Belfort, et 4, rue de Vienne, Paris (8e).

SOCIÉTÉ D'ELECTRICITÉ MORS, 28, rue de la Bienfaisance (8e).

SOCIÉTÉ GRAMME, 26, rue d'Hautpoul, Paris (19e).

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DES TÉLÉPHONES, 25, rue du 4-Septembre (2e).

THOMSON-HOUSTON (Compagnie française pour l'exploitation des procédés) 10, rue de Londres, Paris (9e).

VEDOVELLI ET PRIESTLEY, 14, rue Taitbout, Paris (9e).

WESTINGHOUSE, 7, rue de Liége, Paris (9e).

Charbons pour Balais et Lampes électriques.

COMPAGNIE DES CHARBONS FABIUS-HENRION, 56, faubourg Saint-Honoré, Paris (8e).

COMPAGNIE FRANÇAISE DES CHARBONS POUR L'ÉLECTRICITÉ, avenue Jules-Quentin, Nanterre (Seine).

COMPAGNIE GÉNÉRALE ELECTRIQUE DE NANCY, rue Oberlin, Nancy (M.-et M.)

LE CARBONE, 12 et 33, rue de Lorraine, Levallois (Seine).

Condensateurs.

BERTHOUD-BOREL (Société Française des Câbles, Système), 41, chemin du Pré-Gaudry, Lyon (Rhône).

MANUFACTURE D'APPAREILLAGE ELECTRIQUE SPÉCIAL, 7, rue Mazagran, Lyon (Rhône).

SOCIÉTÉ GÉNÉRALE DE CONDENSATEURS ÉLECTRIQUES, Fribourg (Suisse) et 73, rue Notre-Dame-des-Champs, Paris (6e).

Construction électrique et mécanique.

AEBI (F.), à Zurich-Altstetten (Suisse).

ASÉA (Société Suédoise d'électricité), Vasteras (Suède), 54, faubourg Montmartre, Paris (9e).

ATELIERS ELECTRIQUES DE SAINT-OUEN, 13, rue de Clichy (Saint-Ouen).

ATELIERS DE CONSTRUCTIONS ÉLECTRIQUES DU NORD ET DE L'EST, JEUMONT, 75, boulevard Haussmann, (8e).

BONNET-SPAZIN (Ateliers), 11, quai de l'Industrie, Lyon (Rhône).

BOUCHAYER ET VIALLET (Etablissements), 105, cours Berriat, Grenoble (Isère)

BRÉGUET (Maison), 34, rue de Châteaudun, Paris, (9e).

COMPAGNIE ELECTRO-MÉCANIQUE, 12, rue Portalis, Paris (8e).

COMPAGNIE GÉNÉRALE D'ELECTRICITÉ, 54, rue La Boétie, Paris (8e).

COMPAGNIE GÉNÉRALE ELECTRIQUE DE NANCY, rue Oberlin, Nancy.

COUFFINHAL (L.), 60, rue de Roanne, Saint-Etienne.

CUÉNOD (H.), (Société Anonyme), Châtelaine, près Genève (Suisse).

DELACHAUX (C.), 32, quai de Seine, Saint-Ouen (Seine).

ECLAIRAGE ELECTRIQUE (L'), 8, rue d'Aguesseau, Paris (8e).

ESCHER, WYSS ET Cie, Zurich (Suisse) et 39, rue de Châteaudun, Paris (9e).

FIVES-LILLE, 64, rue Caumartin, Paris (8e).

FONDERIES ET ATELIERS DE CONSTRUCTIONS DE FOURCHAMBAULT ET LA PIQUE 12, rue d'Aguesseau, Paris (8e).

Digitized by Google

Forges et Aciéries de la Marine et d'Homécourt, Saint-Chamond (Loire) et 98, rue de la Victoire, Paris (9e).

Grammont (Établissements), Pont-de-Chéruy (Isère).

Heiser (G.), (Ateliers), 34, rue Carnot, Suresnes.

Hillairet et Huguet, 22, rue Vieq-d'Azir, Paris (10e).

Japy, frères, Beaucourt (Haut-Rhin), 7, rue du Château-d'Eau, Paris (10e).

Leflaive et Cie, Saint-Etienne (Loire) et 78, rue d'Anjou, Paris (10e).

Legendre Frères, 37, rue Saint-Fargeau, Paris, (20e).

Oerlikon (Société), Suisse et 9, rue Pillet-Will, Paris (9e).

Paris-Rhone, 10, rue Auber, Paris (9e).

Peugeot, 71, Avenue de la Grande-Armée (17e).

Renault (L.), 15, rue Gustave-Sandoz, Billancourt (Seine).

Sautter-Harlé (Anciens Etablissements), 26, avenue de Suffren, Paris (15).

Schneider et Cie, 42, rue d'Anjou, Paris (8e).

Société Alsacienne de Constructions Mécaniques, Belfort et 4, rue de Vienne, Paris (8e).

Société Anonyme des Usines d'Ornans, Ornans (Doubs).

Société de Construction et de Location d'Appareils de levage, 78, rue Vitruve, Paris (20e).

Société de Constructions Mécaniques « Gallia », 13, Chemin Guilloud, Lyon.

Société Gramme, 26, rue d'Hautpoul, Paris (19e).

Société des Moteurs a Gaz et d'Industrie Mécanique, 135, rue de la Convention, Paris (15e).

Société des Moteurs Salmson, 3, avenue des Moulineaux, Billancourt (Seine).

Thomson-Houston (Compagnie française pour l'exploitation des procédés), 10, rue de Londres, Paris (9e).

Wagner et Cie, 5, rue Victor-le-Laprade, Saint-Etienne (Loire).

Westinghouse (Société anonyme), 7, rue de Liége, Paris (9e).

Weyher et Richemond (Anciens Établissements), 52, route d'Aubervilliers, Pantin.

Matériel neuf et d'occasion.

Bouillet (P.), 156, rue de Vanves, Paris (14e).

Compagnie Universelle Electrique, 37, rue de Bagnolet, Paris (20e).

Langrand (G.), (Etablissements), 256 *bis*, boul. Saint-Martin, Paris (10e).

Roussell, 1, rue Broussais, Paris (14e).

Piles électriques.

Delafon (P.), 82, boul. Richard-Lenoir, Paris (11e)

Le Carbone, 12 et 33, rue de Lorraine, Levallois (Seine)

Thomson-Houston (Compagnie Française pour l'Exploitation des procédés), 10, rue de Londres, Paris (9e).

MESURES ET COMPTAGE

Appareils de Mesure.

Cadiot (M.), 31, rue de Maubeuge, Paris (10e).

Carpentier (J.), 20, rue Delambre, Paris (14e).

Chauvin et Arnoux, 186, rue Championnet, Paris (18e).

Compagnie pour la Fabrication des Compteurs et Matériel d'Usines a Gaz, 18, boul. de Vaugirard, Paris (15e).

Demoly, 43, rue de Trévise, Paris (9e).

Garnier, 23-25, rue Cavenne, Lyon (Rhône).

Graindorge, 4, rue du Borrego, Paris (20e).

Jaquet (James), (Société Anonyme), Bâle (Suisse).

Maljournal et Bourron, 128, avenue Thiers, Lyon (Rhône).

Richard (J.), 25, rue Mélingue, Paris (19e).

Société Anonyme Lombardi C.G.S. (Anciennement Olivetti et Cie), 25, rue Pasquier, Paris (8e).

Société Gramme, 26, rue d'Hautpoul, Paris (19e).

Trub, Tauber et Cie, 36, boul. de la Bastille, Paris (12e).

Westinghouse (Société anonyme), 7, rue de Liége, Paris (9e).

Compteurs électriques.

Compagnie Anonyme Continentale pour la Fabrication des Compteurs a Gaz et autres appareils, 9, rue Pétrelle, Paris (9e).

Compagnie de Construction Electrique, 44, rue du Docteur-Lombard, Issy-les-Moulineaux (Seine).

Compagnie pour la Fabrication des Compteurs et Matériel d'Usines a gaz, 18, boul. de Vaugirard, Paris (6e).

Garnier, 23, rue Cavenne, Lyon (Rhône).

Japy Frères et Cie, Beaucourt (Haut-Rhin) et 7, rue du Château-d'Eau, Paris (10e).

Landis et Gyr, 12, rue Lapeyrère, Paris (18e).

Westinghouse (Société Anonyme), 7, rue de Liége, Paris (9e).

MATÉRIEL POUR LIGNES DE DISTRIBUTION

Cables et Fils électriques.

Ateliers de Constructions électriques du Nord et de l'Est, Jeumont (Nord) et 75, boul. Haussmann, Paris (8e)

Berthoud, Borel et Cie, 41, Chemin du Pré-Gaudry, Lyon (Rhône.

Geoffroy et Delore, 28, rue des Chasses, Clichy (Seine).

Grammont (A). (Etablissements), Pont-de-Chéruy (Isère).

India Rubber Gutta-Percha and Telegraphs Works, Persan (Seine-et-Oise).

Meng (Etablissements), 80, rue Bolivar, Paris (19e).

Pirelli et Cie, Milan (Italie).

Seghers (Ad.), 7, rue Scribe, Paris (9e).

Société Alsacienne de Constructions mécaniques, Belfort et 4, rue de Vienne, Paris (8e).

Société Electro-Cable, 2, rue de Penthièvre, Paris (8e).

Société Electro-Métallurgique de Dives, 11 *bis*, rue Roquépine, Paris (8e).

Société Industrielle des Téléphones, 25, rue du 4-Septembre, Paris (2e).

Tréfileries et Laminoirs du Havre, 29, rue de Londres, Paris (9e).

Isolateurs et Isolants.

Cadiot (Marcel), 31, rue de Maubeuge, Paris (10e).

Compagnie Générale d'Electricité, 54, rue la Boétie, Paris (8e).

Demoly (Ernest), 43, rue de Trévise, Paris (9e).

Haefely et Cie (E.), à Bâle (Suisse).

Jean et Morard (P.) et Cie, Saint-Claude (Jura).

Maljournal et Bourron (Etablissements), 128, avenue Thiers, Lyon (Rhône).

Parvillée Frères (Anciens Etablissements), 56, rue de la Victoire, Paris (9e).

Weidmann, Rapperswil (Suisse).

Pylones.

Bouchayer et Viallet, 145, cours Berriat, Grenoble (Isère) et 124, rue la Boétie Paris (8e).

Digitized by Google

LEFLAIVE ET Cie (Forges et Aciéries de la Chaléassière), Saint-Etienne (Loire) et 78, rue d'Anjou, Paris (8e).

SOCIÉTÉ D'APPLICATION DU BÉTON ARMÉ, 11, rue de Belsunce, Paris (10e).

INSTALLATIONS ET ENTREPRISES ÉLECTRIQUES

COMPAGNIE D'ENTREPRISES HYDRAULIQUES ET TRAVAUX PUBLICS, 90, rue de la Victoire, Paris (9e).

COMPAGNIE GÉNÉRALE DE TRAVAUX D'ÉCLAIRAGE ET DE FORCE (Anciens Etablissements Clemançon), 23, rue Lamartine, Paris (9e).

DEVILAINE ET ROUGÉ (Établissements), 4, rue Casimir-Delavigne, Paris (6e).

ÉLECTRO-ENTREPRISE, 46, rue du Rocher, Paris (8e).

SOCIÉTÉ CENTRALE D'ENTREPRISES, 11, rue Belsunce, Paris (10e).

SOCIÉTÉ D'ELECTRICITÉ MORS, 28, rue de la Bienfaisance (8e).

SOCIÉTÉ GÉNÉRALE D'ENTREPRISES, 56, faubourg Saint-Honoré, Paris (8e).

SOCIÉTÉ DES GRANDS TRAVAUX DE MARSEILLE, 90, rue de la Victoire, Paris (9e).

APPLICATIONS DE L'ÉLECTRICITÉ

ÉCLAIRAGE ET CHAUFFAGE

COMPAGNIE DES CHARBONS FABIUS HENRION, 56, faubourg Saint-Honoré, Paris (8e).

COMPAGNIE FRANÇAISE POUR LA FABRICATION DES LAMPES ÉLECTRIQUES A INCANDESCENCE, 36, rue Godot-de-Mauroi, Paris (9e).

COMPAGNIE GÉNÉRALE D'ELECTRICITÉ, 54, rue la Boétie, Paris (8e).

EYQUEM (Société de la Dynamo Phare), 112, rue de Cormeille, Levallois (Seine).

GRAMMONT (Etablissements A.), Pont-de-Cheruy (Isère).

LACARRIÈRE (Société), 48, rue de la Victoire, Paris (9e).

THOMSON-HOUSTON (Société Française pour l'Exploitation des procédés, 10, rue de Londres, Paris (9e).

WESTINGHOUSE COOPER HEWITT, 11, rue du Pont, Suresnes (Seine).

WESTINGHOUSE (Société Anonyme), 7, rue de Liége, Paris (9e).

VISSEAUX (J.), 87, quai Pierre-Scize, Lyon (Rhône).

Accessoires pour l'Éclairage.

GIRARDIN (A.), 29, rue Grange-aux-Belles, Paris (10e).

HEDIGER (Jean), 47, rue de Paradis, Paris (10e).

ETTETAL (Emile), 17 et 19, rue Beautreillis, Paris (4e).

Chauffage et Cuisine électriques.

FOX (Georges), 24, rue Victor-Hugo, Lyon (Rhône).

GENERAL ELECTRIC DE FRANCE Ltd, 10 et 12, rue Rodier (9e).

HEDIGER, 47, rue de Paradis, Paris (10e).

PARVILLÉE FRÈRES ET Cie, 56, rue de la Victoire, Paris (9e).

ÉLECTROCHIMIE ET ÉLECTROMÉTALLURGIE

BONNET-SPAZIN (Ateliers), Lyon (Rhône).

GRAMMONT (A.), (Etablissements), Pont-de-Chéruy (Isère).

MALJOURNAL ET BOURRON (Etablissements), 128, avenue Thiers, Lyon (Rhône).

SCHNEIDER ET Cie, 42, rue d'Anjou, Paris (8e).

THOMSON-HOUSTON (Compagnie Française pour l'Exploitation des procédés), 10, rue de Londres, Paris (9e).

LEVAGE ET MANUTENTION

Appareils de levage et de manutention.

ASEA (Société Suédoise d'électricité) (Vasteras, Suède), 54, faubourg Montmartre, Paris (9e).

COMPAGNIE ELECTRO-MÉCANIQUE, 12, rue Portalis, Paris (8e).

COUFFINHAL, Saint-Etienne (Loire) .....

FIVES-LILLE (Compagnie de), 64, rue Caumartin, Paris (8e).

FONDERIES ET ATELIERS DE CONSTRUCTIONS DE FOURCHAMBAULT ET LA PIQUE, 12, rue d'Aguesseau, Paris (8e).

HILLAIRET ET HUGUET, 22, rue Vicq-d'Azir, Paris (10e).

LEFLAIVE ET Cie, Saint-Etienne, 78, rue d'Anjou, Paris (8e).

OERLIKON (Société), 9, rue Pillet-Will, Paris (9e).

SAUTTER-HARLÉ, 26, avenue de Suffren, Paris (15e).

SCHNEIDER ET Cie, 42, rue d'Anjou, Paris (8e).

SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, Belfort et 4, rue de Vienne, Paris (8e).

SOCIÉTÉ DE CONSTRUCTION ET DE LOCATION D'APPAREILS DE LEVAGE, 78, rue Vitruve, Paris (20e).

SOCIÉTÉ DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES « GALLIA », 13 et 15, Chemin Guillaud, Lyon (Rhône).

SOCIÉTÉ GRAMME, 26, rue d'Hautpoul, Paris (19e).

THOMSON-HOUSTON (Compagnie française pour l'Exploitation des procédés), 10, rue de Londres, Paris (9e).

WESTINGHOUSE (Société anonyme), 7, rue de Liége, Paris (9e).

MINES

Matériel pour Mines.

ARBEL (Etablissements), 24, rue du Rocher, Paris (8e).

ATELIERS DE CONSTRUCTIONS ELECTRIQUES DU NORD ET DE L'EST, Jeumont (Nord) et 75, Boul. Haussmann, Paris (8e).

COMPAGNIE ELECTRO-MÉCANIQUE, 12, rue Portalis, Paris (8e).

COUFFINHAL (Laurent), Saint-Etienne (Loire).

LEFLAIVE ET Cie (Forges et Aciéries de la Chaléassière) Saint-Etienne (Loire), 78, rue d'Anjou, Paris (8e).

SCHNEIDER ET Cie, 42, rue d'Anjou, Paris (8e).

SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, Belfort, 4, rue de Vienne, Paris (8e).

THOMSON-HOUSTON (Compagnie Française pour l'Exploitation des procédés), 10, rue de Londres, Paris (9e).

WESTINGHOUSE (Société Anonyme), 7, rue de Liége, Paris (9e).

TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE

Télégraphie.

METTETAL (Emile), 17 et 19, rue Beautreillis, Paris (4e).

THOMSON-HOUSTON (Compagnie Française pour l'Exploitation des procédés), 10, rue de Londres, Paris (9e).

Télégraphie sans fil.

CHAUDET, 21 *bis*, rue d'Armaillé, Paris (17e).

COMPAGNIE GÉNÉRALE DE RADIOTÉLÉGRAPHIE, 65, boul. Haussmann, Paris (8e).

SOCIETA ANONIMA BREVETI A. PEREGO, 10, Via Salvino, Milan (Italie).

SOCIÉTÉ DES TÉLÉGRAPHES MULTIPLEX, 57, rue de Vanves Paris (14e).

Digitized by Google

Société Française Radio-Electrique, 10, rue Auber, Paris (9e).

Téléphonie.

Bréguet (Maison), 19, rue Didot, Paris (14e).

Chaudet (A.-L.), 21 *bis*, rue d'Armaillé, Paris (17e).

Eurieult (Victor), 123, rue de Grenelle, Paris (7e).

Matériel Téléphonique (Le), 46, avenue de Breteuil, Paris (15e).

Mettetal (Emile), 17 et 19, rue Beautreillis, Paris (4e).

Picart-Lebas (Société des Téléphones, Système), 46, rue Richer, Paris (9e).

Societa Anonima Breveti A. Perego, 10 Via Salaino, Milan (Italie).

Société Industrielle des Téléphones, 25, rue du 4-Septembre, Paris (2e).

Thomson-Houston (Compagnie Française pour l'Exploitation des procédés), 10, rue de Londres, Paris (9e).

TRACTION

Traction électrique.

Asea (Société Suédoise d'Electricité), Vasteras (Suède), et 54, faubourg Montmartre, Paris (9e).

Ateliers de Constructions Electriques du Nord et de l'Est, Jeumont (Nord) et 75, boulevard Haussmann, Paris (8e).

Compagnie Electro-Mécanique, 12, rue Portalis, Paris (8e).

Delachaux (C.), 32, quai de Seine, Saint-Ouen (Seine).

Fives-Lille (Compagnie de), 64, rue Caumartin, Paris (8e).

Fonderies et Ateliers de Constructions de Fourchambault et La Pique (Société des), 12, rue d'Aguesseau, Paris (8e).

Hillairet et Huguet, 22, rue Vieq-d'Azir, Paris (10e).

Oerlikon (Société), 9, rue Pillet-Will, Paris (9e).

Schneider et Cie, 42, rue d'Anjou, Paris, (8e).

Société Alsacienne de Constructions Mécaniques Belfort, 4, rue de Vienne, Paris (8e).

Thomson-Houston (Compagnie Française pour l'Exploitation des procédés), 10, rue de Londres, Paris (9e).

Westinghouse (Société Anonyme), 7, rue de Liége, Paris (9e).

Appareillage pour la Traction.

Demoly (Ernest), 43, rue de Trévise, Paris (9e).

Maljournal et Bourron (Etablissements), 128, rue Thiers, à Lyon (Rhône).

Vedovelli et Priestley, 14, rue Taitbout, Paris (9e).

Matériel roulant pour Chemins de fer.

Arbel (Etablissements), 24, rue du Rocher, Paris (8e).

Fives-Lille (Compagnie), 54, rue Caumartin, Paris (8e).

Schneider et Cie, 42, rue d'Anjou, Paris (8e).

Société Alsacienne de Constructions Mécaniques, Belfort, 4, rue de Vienne, Paris (8e).

Signaux et Enclenchement pour Chemins de Fer.

Société d'Electricité Mors, 28, rue de la Bienfaisance, Paris, (8e).

MACHINES MOTRICES

MACHINES HYDRAULIQUES

Conduites forcées.

Bonnet-Spazin (Ateliers), Lyon (Rhône).

Bouchayer et Viallet, 155, Cours Berriat, Grenoble (Isère).

Leflaive et Cie (Forges et Ateliers de la Chaléassière), Saint-Etienne (Loire) et 78, rue d'Anjou, Paris (8e).

Turbines hydrauliques.

Escher, Wyss et Cie, Zurich (Suisse) et 39, rue de Châteaudun, Paris (9e).

Société Alsacienne de Constructions Mécaniques, Belfort, 4, rue de Vienne, Paris (8e).

MACHINES A GAZ A EXPLOSION ET A COMBUSTION INTERNE

Compagnie Française des Moteurs « National », 138, boulevard Richard-Lenoir (11e).

Delaunay-Belleville (Etablissements), St-Denis (Seine).

Leflaive et Cie (Forges et Ateliers de la Chaléassière, Saint-Etienne (Loire) et 78, rue d'Anjou, Paris (8e).

Peugeot (Société anonyme des Automobiles et Cycles), 71, avenue de la Grande-Armée, Paris (17e).

Renault (L.), 15, rue Gustave-Sandoz, Billancourt (Seine).

Salmson (Société des Moteurs), Billancourt (Seine).

Société Alsacienne de Constructions Mécaniques, Belfort, 4, rue de Vienne, Paris (8e).

Société des Moteurs a gaz et d'Industrie Mécanique, 135, rue de la Convention, Paris (15e).

Société des Moteurs Chaléassière, Saint-Etienne (Loire).

Westinghouse (Société anonyme), 7, rue de Liége, Paris (8e).

MACHINES A VAPEUR

Chaudières.

Bonnet-Spazin (Ateliers), Lyon (Rhône).

Bouchayer et Viallet, 155, Cours Berriat, Grenoble (Isère).

Delaunay-Belleville (Etablissements), St-Denis (Seine).

Escher, Wyss et Cie, Zurich (Suisse), 32, rue de Châteaudun, Paris (9e).

Fonderies et Ateliers de la Courneuve, 6, rue de Laferrière, Paris (9e).

Leflaive et Cie (Forges et Acieries de la Chaléassière) Saint-Etienne, 78, rue d'Anjou, Paris (8e).

Schneider et Cie, 42, rue d'Anjou, Paris (8e).

Société Alsacienne de Constructions Mécaniques, Belfort, 4, rue de Vienne, Paris (8e).

Accessoires pour chaudières.

Foyers Automatiques (Société Anonyme des), 22, rue Lesueur, Paris (16e).

Thomson-Houston (Compagnie Française pour l'exploitation des Procédés), 10 rue de Londres, Paris (9e).

Tirage mécanique.

Leroy (Etablissements), 30, rue Berthollet, Paris (5e).

Piat (L.), 29, rue de l'Arcade, Paris (8e).

Machines à vapeur.

Bonnet-Spazin (Ateliers), Lyon (Rhône).

Delaunay-Belleville (Etablissements), à Saint-Denis (Seine).

Fives-Lille (Compagnie de), 54, rue Caumartin, Paris (8e).

Leflaive et Cie (Forges et Ateliers de la Chaléassière), Saint-Etienne (Loire), 78, rue d'Anjou, Paris (8e).

Sautter Harlé (Anciens Etablissements), 26, avenue de Suffren, Paris (15e).

Digitized by Google

SCHNEIDER ET Cie, 42, rue d'Anjou, Paris (8e).

SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, Belfort, 4, rue de Vienne, Paris, (8e).

WEYHER ET RICHEMOND (Anciens Etablissements), 52, route d'Aubervilliers, Pantin (Seine).

Turbines à vapeur.

BRÉGUET, 19, rue Didot, Paris (14e).

COMPAGNIE ELECTRO-MÉCANIQUE, 12, rue Portalis, Paris (8e).

ESCHER, WYSS ET Cie, 39, rue de Châteaudun, Paris (9e).

FIVES-LILLE (Compagnie), rue Caumartin, Paris (8e).

LEFLAIVE ET Cie (Forges et Ateliers de la Chaléassière), Saint-Etienne (Loire), et 78, rue d'Anjou, Paris (8e).

OERLIKON (Société) Suisse), 9, rue Pillet-Will, Paris (9e).

SAUTTER-HARLÉ, 26, avenue de Suffren, Paris (15e).

SCHNEIDER ET Cie, 42, rue d'Anjou, Paris (8e).

SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, Belfort et 4, rue de Vienne, Paris (8e).

THOMSON-HOUSTON (Société Française pour l'Exploitation des Procédés), 10, rue de Londres, Paris (9e).

WESTINGHOUSE (Société Anonyme), 7, rue de Liége, Paris (9e).

MATIÈRES PREMIÈRES ET OUTILLAGE

Courroies et Transmission.

WANNER (Etablissements), 67, avenue de la République, Paris (11e).

WYSS ET Cie, Seloncourt (Doubs).

Décolletage.

FABRIQUE DE VIS DE NYON (Société Anonyme), Nyon (Suisse).

METTETAL (E.), 17, rue Beautreillis, Paris (4e).

Ferrures.

JACQUEMARD (Jean), La Ricamarie (Loire).

MALJOURNAL ET BOURRON (Etablissements), 218, avenue Thiers, Lyon (Rhône).

SCHNEIDER ET Cie, 42, rue d'Anjou, Paris, (8e).

Fours Industriels.

Matériel pour Forges et Fonderies.

ATELIERS « AIR ET FEU », Argenteuil (Seine-et-Oise).

STEIN ET Cie (Ch.-M), 3, rue d'Edimbourg, Paris (8e).

Glaces et Verres.

L. TAULIN ET Cie, 7, rue de Nemours, Paris (11e).

Huiles pour Machines et Appareils Électriques.

VACUUM OIL ET Cie, 34, rue du Louvre, Paris (2e).

Machines-outils, Outillage.

AEBI (Frédéric), Zurich Altstetten (Suisse).

CADIOT (Marcel), 31, rue de Maubeuge, Paris (10e).

COMPAGNIE FRANÇAISE NATIONALE, 138, boul. Richard-Lenoir, Paris (11e).

COUFFINHAL, Saint-Etienne (Loire).

ECLAIRAGE ÉLECTRIQUE (L'), 8, rue d'Aguesseau, Paris (8e).

ERNAULT (H.), 169, rue d'Alésia, Paris (14e).

FABRIQUE PARISIENNE DE MÈCHES AMÉRICAINES ET D'OUTILLAGE DE PRÉCISION, 33, avenue Victor-Hugo, Paris (16e).

LEFLAIVE ET Cie (Forges et Ateliers de la Chaléassière), Saint-Etienne (Loire) et 78, rue d'Anjou, Paris (8e).

SCHNEIDER ET Cie, 42, rue d'Anjou, Paris (8e).

SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, Belfort et 4, rue de Vienne, Paris (8e).

SOCIÉTÉ ANONYME ALFRED HERBERT, 47, boulevard Magenta, Paris (10e).

SOCIÉTÉ DE MOTEURS SALMSON, Billancourt (Seine).

WAGNER ET Cie, 5, rue Victor-de-Laprade, Saint-Étienne (Loire).

Métallurgie.

ARBEL, 24, rue du Rocher, Paris (8e).

COLLINET (Maison), 9, rue Denfert-Rochereau, Paris (14e).

A. DUENNE (Société anonyme des établissements métallurgiques), 26, rue du Faubourg-Poissonnière, Paris (9e).

FONDERIES HAVRAISES, 40, rue Demidoff, Le Havre.

Métaux électrolytiques.

SOCIÉTÉ D'ÉLECTRO-MÉTALLURGIE DE DIVES, 11 *bis*, rue Requépine, Paris (8e).

Peintures.

SOCIÉTÉ GÉNÉRALE DES PEINTURES FERROSOTER, 2, rue Corneille, Marseille (Bouches-du-Rhône).

Produits chimiques.

SOCIÉTÉ D'ELECTRO-CHIMIE, 2, rue Blanche, Paris (9e).

Roulements à billes.

SOCIÉTÉ S. K. F., rue de la Gare, Levallois (Seine).

Ventilateurs et Machines soufflantes.

CADIOT (Marcel), 31, rue de Maubeuge, Paris (10e).

COMPAGNIE ÉLECTRO-MÉCANIQUE, 12, rue Portalis, Paris (8e).

COUFFINHAL (Laurent), Saint-Etienne (Loire).

LEFLAIVE ET Cie (Forges et Aciéries de la Chaléassière), Saint-Etienne (Loire) de 78, rue d'Anjou, Paris (8e).

LEROY (Etablissements), 30, rue Berthollet, Paris (5e).

SAUTTER HARLÉ (Anciens Etablissements), 26, avenue de Suffren, Paris (15e).

SCHNEIDER ET Cie, 42, rue d'Anjou, Paris (8e).

SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, Belfort et 4, rue de Vienne, Paris (8e).

THOMSON-HOUSTON (Société Française pour l'Exploitation des procédés), 10, rue de Londres, Paris (9e).

DIVERS

Assurances.

LE SOLEIL, 23, rue de Mogador, Paris (9e).

Renseignements commerciaux.

LEBLANC, 10, place des Victoires, Paris (2e).

Digitized by Google

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

1re Année. — Tome I. — N° 1. — 6 Janvier 1917.

SOMMAIRE. — Le programme de la R. G. E., par A. Blondel, p. 1. — Sa réalisation, par J. Blondin et J. de Soucy, p. 4. — Notes de la Rédaction, p. 6.

Section scientifique et technique. — L'état actuel des théories électriques, par Marcel Brillouin, p. 7. — Réciprocité des actions électriques et magnétiques, par J.-B. Pomey, p. 9. — Théorie chimique et fonctionnement physique de l'accumulateur au plomb, par Ch. Féry, p. 10.

Section industrielle. — Electrification des lignes de banlieue des Chemins de fer de l'Etat, sous-station de transformation du Pont-Cardinet, par C. Thomas, p. 13. — La porcelaine électrotechnique, par la Chambre syndicale, p. 22. — Sur l'organisation commerciale moderne des entreprises de distribution, par F. Bratman, p. 26.

Section économique et financière. — Coup d'œil sur l'état de l'industrie électrique française, par R. Legouez, p. 29. — Assemblées générales, p. 31.

Section de législation. — Dix ans d'application de la loi sur les distributions d'énergie électrique, par P. Bougault, p. 33. — Lois, décrets, arrêtés, circulaires, etc., p. 37.

Le Programme de la R. G. E.

Le Conseil d'administration de la *Revue générale de l'Électricité* a bien voulu me confier, en raison d'une collaboration de vingt-cinq ans à la *La Lumière électrique*, la mission de présenter au public la nouvelle Revue qui réunit désormais, sous une même couverture, *La Lumière électrique*, fondée en 1879, et *La Revue électrique*, fondée en 1904 [1]. Cette tâche m'est doublement agréable, d'une part parce que la fusion enfin réalisée répond à un de mes désirs les plus anciens, partagé par beaucoup de nos confrères, en ramenant à l'unité une rédaction divisée depuis quelques années; d'autre part, parce qu'elle est un témoignage de l'union fraternelle et de l'effort concerté qu'on nous a si souvent reproché de ne pas savoir accomplir en France, malgré la leçon de notre grand fabuliste :

> Des dards joints ensemble, pas un seul n'éclata.
> Il sépare les dards et les rompt sans effort.
> Vous voyez, reprit-il, l'effet de la concorde.
> (*La Fontaine*, liv. IV, fable XVII.)

La nouvelle maison sera donc ouverte à tous largement, sans préoccupation d'origine, ni de coterie ou d'intérêt personnel. C'est un des buts essentiels que nous avons poursuivis en fondant la Revue nouvelle, et son programme s'inspirera de cet esprit en même temps que du désir de promouvoir le mieux possible les intérêts de la science et de l'industrie électriques.

Réunissant les deux rédactions de *La Lumière électrique* et de *La Revue électrique*, la nouvelle publication pourra aborder, avec une égale compétence, les questions électriques d'ordre scientifique, d'ordre technique et d'ordre industriel, elle s'adressera ainsi à deux publics différents et également importants : le public industriel et le public scientifique.

Par suite d'un curieux phénomène psychologique, tout ingénieur travaillant dans une industrie à base scientifique telle que l'électrotechnique, est jugé trop pratique par certains de ses confrères et trop théorique par d'autres; il faut bien tenir compte de ces deux juge-

[1] *La Lumière électrique* était la plus ancienne revue qui ait été consacrée à l'électricité; son premier numéro date du 15 avril 1879 et, à la suite de la première exposition d'électricité (Paris 1881), elle avait pris un véritable caractère international, et groupé parmi ses rédacteurs et ses lecteurs les électriciens de tous les pays.

Propriété de M. C. Hertz, qui avait consacré des sommes importantes à l'entretien de cet organe, elle fut admirablement rédigée jusqu'à l'époque où M. Hertz, ayant quitté la France, s'en désintéressa.

Grâce à l'initiative du rédacteur en chef de cette époque (1894), M. Ledeboer, elle fut continuée immédiatement sous le nom de *L'Eclairage électrique* et conserva le même corps de rédacteurs tout en devenant la propriété successive de divers éditeurs.

En 1902, un changement de propriétaire donna lieu à des difficultés avec la rédaction. A ce moment, plusieurs rédacteurs des plus distingués, présidés par M. J. Blondin, qui, en février 1895, avait succédé à M. Ledeboer, fondèrent, avec l'appui de M. A. Gauthier-Villars, libraire-éditeur, *La Revue électrique*, qui devint l'organe de l'Union des Syndicats de l'Electricité.

Depuis cette époque, les deux Revues continuèrent à paraître concurremment, tout en se spécialisant de façon un peu différente : *La Revue électrique* se préoccupa davantage de fournir aux industriels une large documentation sur tout ce qui se faisait à l'étranger, tandis que *L'Eclairage élec-*

Digitized by Google

ments. De même un des écueils que rencontre actuellement la presse électrotechnique dans tous les pays, c'est qu'elle paraît trop savante aux industriels dès qu'elle fait une place large aux questions délicates et exigeant des calculs approfondis, telles que la téléphonie à longue distance, la télégraphie sans fil, les oscillations électriques et surtensions, les progrès de la physique moderne, etc., tandis qu'elle paraît trop terre à terre aux électriciens déjà versés dans lesdites questions, si elle fait une part trop exclusive à l'organisation industrielle.

Nous nous proposons de trancher la difficulté par une transaction, en offrant aux théoriciens et aux praticiens les articles et la documentation qu'ils désirent, et en ayant soin de séparer les différentes catégories de matières, de façon que chacun sache ce qu'il doit prendre ou laisser dans la Revue. Une revue scientifique n'a pas besoin, en effet, d'être lue entièrement par ses lecteurs, pas plus qu'une revue littéraire; la seule exigence qu'ils puissent avoir c'est d'y trouver tout ce dont ils ont besoin.

C'est dans cet esprit que la nouvelle Revue se propose de fournir une documentation très complète, à la fois scientifique, technique, industrielle, économique et commerciale, parfaitement classée suivant les principes les plus modernes de la bibliographie, et ne laissant passer aucun travail important publié, soit en France, soit à l'étranger.

Pour les lecteurs industriels, cette documentation ne comprendra pas seulement la technique, mais tout ce qui concerne les questions connexes : organisation des ateliers de construction, exploitation des entreprises d'électricité (distribution, force motrice, traction, etc.), questions administratives, législation et réglementation de l'industrie en général et de l'industrie électrique en particulier, documents économiques, financiers, commerciaux, etc.

Les idées générales et les synthèses feront l'objet d'articles de fond et de revues périodiques, dans lesquels les auteurs les plus qualifiés traiteront les différentes questions; ils ne se contenteront pas de décrire toutes les installations nouvelles importantes, mais ils en exposeront la genèse et la philosophie. Comme le disait récemment un Américain cité élogieusement par M. H. Le Chatelier, qui aime à opposer la science industrielle à la technologie : « Il faut apprendre, non pas tant ce qu'on fait que pourquoi on le fait », *Not how, but why*. Sans être aussi exclusifs, nos articles exposeront à la fois comment on réalise les organisations les plus parfaites, et pourquoi on emploie tel ou tel moyen; ce que nous traduisons par la formule plus complète : *How best and why so*.

Il ne faut pas oublier, d'autre part, que la science, même quand elle paraît purement spéculative, entre progressivement dans la pratique, et que l'ingénieur ne peut rester un empiriste sous peine de décadence; l'industrie ne peut faire de progrès constants que si elle se tient au courant des perfectionnements réalisés dans les sciences dont elle dépend; c'est-à-dire pour les électriciens : la thermo-dynamique, l'hydraulique, l'électricité, et même jusqu'à un certain point les mathématiques pures, car tout progrès apporté dans la simplification ou le meilleur usage de ces dernières améliore l'outil de calcul dont a constamment besoin l'ingénieur. On en a eu des exemples frappants, dans ces dernières années, par la clarté qu'a apportée l'emploi de notations vectorielles dans les théories de l'électro-magnétisme, et par les commodités introduites dans les calculs de courant alternatif, par les notations imaginaires, par les fonctions hyperboliques réelles ou imaginaires, etc. Bien plus, tout progrès réalisé dans l'intégration pratique des équations différentielles entraîne des progrès dans la solution des problèmes physiques.

Il est donc nécessaire, dans l'intérêt même de l'industrie, de maintenir le contact entre la science et la technique; cette dernière, sans la science, n'est qu'une arme émoussée : *telum imbelle sine ictu*, comme disait Virgile. Mais, dans une revue telle que la nôtre, ce contact doit être établi en évitant les spéculations abstraites et inutiles, et en substituant, partout où il est possible, le raisonnement physique en langage ordinaire à l'algèbre. Cette dernière n'est, en effet, qu'un moyen, devenu souvent mécanique, destiné à remédier à l'impuissance de notre raisonnement direct, mais qui est loin d'offrir à l'intelligence la même satisfaction d'évidence et d'intuition; et elle habitue trop souvent ceux qui en font un usage exclusif à oublier la nécessité d'une solide critique des points de départ du raisonnement et des résultats.

Les industriels et les savants eux-mêmes ont le plus

trique, accentuant son orientation primitive, reprit le nom de *La Lumière électrique* en 1908, et se consacra particulièrement au développement de la technique scientifique et de l'électricité, en faisant une large place à des travaux d'un ordre scientifique assez élevé, notamment en ce qui concerne la télégraphie sans fil, les phénomènes de propagation, la télégraphie et la téléphonie à grande distance, etc.; plus récemment, elle avait fait une place nouvelle aux travaux français sur l'hydraulique et les usines hydro-électriques.

M. A. Blondel qui, il y a quelques années, avait essayé en vain de réunir à nouveau les deux revues en une seule, reprit ses démarches au commencement de l'année 1915 et obtint le haut appui moral de M. Brylinski, président de la Société internationale des Électriciens. Il obtint également le concours de la haute autorité et de l'activité puissante de M. Gabriel Cordier, président de l'Union des Syndicats de l'Électricité, qui plaça la combinaison projetée sous le patronage effectif de cette Union et réalisa la constitution de la Société chargée de l'exploitation de la *Revue générale de l'Électricité*. Ce projet n'a abouti que grâce à l'appui d'un grand nombre des membres de l'Union des Syndicats et à la largeur de vues de M. Gauthier-Villars, toujours dévoué à la cause scientifique, et de la Société éditant *La Lumière électrique*, qui ont, tous deux, avec un désintéressement auquel nous sommes heureux de rendre ici hommage, accepté de renoncer à leurs publications en faveur de la Revue nouvelle.

Ils ont donné, ainsi, un exemple d'union et de solidarité digne d'être signalé et imité, et qui est d'un excellent pronostic pour l'avenir de la publication, que dirigera encore M. J. Blondin.

Digitized by Google

souvent grand intérêt à se faire des phénomènes une idée non pas abstraite ou mathématique, mais physique : *rerum cognoscere causas*, suivant l'idéal de Lucrèce. La conception physique est le plus sûr des guides en même temps que la plus grande jouissance intellectuelle. Il est, par exemple, plus élégant et satisfaisant pour l'esprit de faire la théorie des moteurs compensés de M. Latour, en admettant avec cet auteur qu'un court-circuit entre deux balais annule tout champ dirigé suivant l'axe de ces balais, que d'écrire de longues équations sans interprétation.

Notre but principal sera donc de faire connaître, sous une forme aussi physique que possible, les parties utiles et nouvelles de la science électrique, en les mettant au point en vue des applications ; de signaler les courants nouveaux dans la science, les voies dans lesquelles on peut faire des découvertes (car souvent le praticien le plus modeste peut, s'il est doué d'imagination créatrice et si on lui indique quelques principes directeurs, faire d'utiles inventions qui échapperaient au savant le plus profond, si ce dernier n'a pas l'esprit pratique) ; et enfin, les théories nouvelles qui peuvent servir de guide dans l'étude des phénomènes, par exemple les théories nouvelles sur les électrons, les magnétons, etc...

La librairie Gauthier-Villars, qui éditait *La Revue électrique*, a adopté depuis sa création la devise platonicienne : « Toujours Dieu géométrise, ἀεὶ ὁ Θεὸς γεωμετρεῖ » ; notre devise à nous sera : « Toujours les électrons s'agitent, ἀεὶ οἱ ελεκτρονες κινοῦνται » ; et par conséquent, toujours les électriciens ont besoin de chercher à mieux connaître les lois de cette agitation. Les récentes découvertes sur les tubes à rayons X de Coolidge, les audions et amplificateurs téléphoniques à électrons, les redresseurs de courant alternatifs, etc., en sont une preuve éclatante.

Nos lecteurs versés dans les théories de l'électricité, et surtout ceux qui se vouent à l'enseignement des sciences appliquées, pourront nous aider à mettre au point les exposés des progrès théoriques. Ils auront, de leur côté, avantage à lire la *Revue générale de l'Électricité* pour se tenir au courant des progrès de la science appliquée, afin de savoir dans quel sens ils peuvent orienter soit leur enseignement, soit les recherches utiles auxdites applications. Ce n'est pas des industriels seuls, en effet, qu'il faut attendre le maintien du contact entre la science et l'industrie, mais aussi des spécialistes scientifiques. *La Revue électrique* et surtout *La Lumière électrique* ont compté, depuis l'origine, de très nombreux abonnés de cette catégorie ; il est à souhaiter que, pour les motifs indiqués ci-dessus, leur nombre continue à augmenter, d'autant plus que l'on a créé en France et à l'étranger, depuis vingt ans, de nombreux enseignements des sciences appliquées, non seulement dans les écoles techniques, mais aussi dans les Universités.

De même que nous venons de faire appel aux hommes de science pour leur demander leur collaboration, nous devons faire également appel aux industriels, en les priant de contribuer à maintenir la vie de la Revue, non pas seulement par des concours financiers, dont ils se sont montrés généreux, mais par leur précieuse collaboration. Nos industriels français aiment, en général, trop peu écrire, et bien souvent, même, les chefs d'industrie détournent leurs ingénieurs de rédiger des articles pour la presse électrique ; les uns croient qu'il est utile de conserver comme secrets de fabrication tous les perfectionnements ou tours de main qu'ils ont pu apporter dans leur industrie ; les autres estiment que le travail intellectuel détourne les ingénieurs de leur service. Dans les deux cas, on commet une erreur grave : d'un côté, les fameux secrets de fabrication ne sont, le plus souvent, que des secrets de polichinelle ; dans le cas contraire, il est tout simple de breveter les procédés que l'on veut garantir, puis de les publier ; d'autre part, l'ingénieur qui écrit un travail pour une revue d'électricité, augmente, par le fait même, sa valeur personnelle, ses aptitudes à la réflexion et à la recherche et sa documentation ; il devient par suite un meilleur auxiliaire pour son employeur.

Ces points de vue sont si bien admis dans l'industrie étrangère que, dans les pays les plus avancés au point de vue industriel, tels que l'Amérique et l'Allemagne, on apprécie particulièrement dans l'industrie les ingénieurs qui écrivent, et que les grandes entreprises industrielles trouvent tout avantage à publier largement elles-mêmes, tout en se couvrant par des brevets, les travaux qui se font dans leurs laboratoires ; c'est ainsi que la General Electric Company a fondé une revue exclusivement alimentée par les travaux de ses ingénieurs. Nous devons souhaiter qu'en France le même esprit pénètre l'industrie et qu'il s'établisse une féconde émulation entre les sociétés de construction, aussi bien qu'entre les sociétés d'exploitation : d'une part, pour organiser les laboratoires appropriés aux besoins collectifs comme ceux des grandes associations américaines ; d'autre part, pour faire connaître leurs progrès techniques ou leurs installations nouvelles au fur et à mesure qu'elles les réalisent. C'est le meilleur moyen à la fois de progresser et de maintenir le prestige de notre industrie nationale et de nos techniciens vis-à-vis de l'étranger. C'est d'ailleurs seulement en étudiant les organisations réalisées et en en faisant la critique que l'on développe l'esprit organisateur.

Nous devons aussi nous préoccuper de développer la philosophie de la technique électrique, comme le génial ingénieur américain Taylor a développé la philosophie de l'industrie en général. Sans diminuer son mérite, nous pouvons signaler d'ailleurs qu'il n'a fait qu'appliquer à la matière industrielle les principes de l'expérimentation, introduite dans le monde intellectuel par François Bacon, et les règles de la « Méthode » dues à notre immortel Descartes et qui trouvent partout leur application.

Nous ne voulons pas limiter notre horizon à celui de notre pays, et d'ailleurs les deux revues qui viennent de fusionner ont toujours eu de nombreux lecteurs étrangers ; un grand nombre de ceux-ci sont restés notamment fidèles à *La Lumière électrique* depuis sa création.

Digitized by Google

Nous espérons que la *Revue générale de l'Électricité* leur présentera encore plus d'attraits, grâce aux progrès qu'elle réalisera dans la documentation. Notre ambition est qu'elle contienne toujours, soit intégralement, soit en résumé, tous les travaux techniques, scientifiques et industriels publiés en France sur l'électricité, et qu'il suffise, par conséquent, aux lecteurs étrangers de lire cette unique Revue pour être au courant de tout ce qui se fait d'intéressant dans notre pays. Il n'est pas inutile d'ajouter que, grâce au souci de clarté et de méthode qu'apportent les auteurs français en général dans leur rédaction, notre Revue offrira une lecture facile (1). D'autre part, elle accueillera avec empressement tous les travaux que ses amis étrangers voudront bien lui envoyer, et elle leur offrira, par son important tirage, l'assurance d'une large diffusion dans les milieux français.

Elle ouvrira enfin volontiers ses colonnes à la correspondance par demande et par réponse, utile pour ceux qui voudraient se documenter rapidement sur certaines questions, et aux discussions courtoises de ceux qui voudraient argumenter sur les sujets encore controversés ; dans tous les cas, elle sera une tribune libre ouverte à tous, sous la seule réserve que les discussions ne s'abaissent pas à des attaques personnelles et portent seulement sur les idées.

Tel est en définitive notre programme.

Pour terminer ce petit discours de parrainage, je ne peux mieux faire que de prononcer deux souhaits sur le berceau de la nouvelle Revue : le premier, c'est qu'elle ait une vie longue et prospère; le second, c'est que, semblable à la fée d'un des contes de Perrault, la « fée Électricité », comme le public profane aime à la nommer, donne aux paroles de sa jeune servante, à défaut de l'éclat des pierres précieuses, celui plus durable du travail fécond et compétent. La composition du Comité de rédaction, formée des personnalités les plus autorisées de la Science et de l'Industrie électriques françaises, suffit d'ailleurs à garantir la sérieuse valeur de tout ce qu'elle publiera avec le précieux concours de son distingué et expérimenté Directeur technique.

André Blondel,
Membre de l'Académie des Sciences.

Sa Réalisation

La réalisation du vaste programme, dont M. A. Blondel vient de tracer si magistralement les grandes lignes, n'aurait pas été sans présenter quelques difficultés même en temps ordinaire ; elle était rendue plus ardue encore par l'état de guerre qui a appelé sous les drapeaux la plupart des collaborateurs sur lesquels la rédaction était en droit de compter, ou qui a, tout au moins, orienté leurs recherches dans une direction toute nouvelle.

Créée pendant la guerre, la *Revue générale de l'Électricité* portera nécessairement, dans ses débuts, l'empreinte des circonstances exceptionnelles au milieu desquelles elle a pris naissance. C'est ainsi qu'elle devra, pour le moment, garder un silence complet sur tous les travaux très importants intéressant la Défense nationale dans le domaine de l'électricité ; mais, en dehors de ces applications spéciales, il reste un vaste champ dans lequel les études spéculatives des théoriciens et les expériences des praticiens se sont poursuivies librement aussi bien en France qu'à l'étranger. Nous y trouverons facilement la matière nécessaire à la réalisation immédiate de notre programme.

Dans cette réalisation nous nous attacherons particulièrement aux points suivants : diffusion la plus large des travaux d'ingénieurs français au moyen d'une publication d'un fort tirage et d'un texte abondant ; étude, avec le concours des groupements corporatifs et des compétences professionnelles, de toutes les questions d'un intérêt pratique pour l'industrie électrique ; enfin concentration dans nos colonnes de toutes les matières intéressant directement ou indirectement les électriciens, afin que ceux-ci puissent, non seulement s'y instruire et s'y documenter, mais encore y trouver comme un reflet animé de la vie scientifique et industrielle contemporaine.

La constitution de notre Comité de rédaction dans lequel on retrouvera toutes les personnalités qui se sont fait un nom en électricité ou qui pouvaient nous assurer un concours actif, la liste des nombreuses Sociétés qui ont contribué par leurs souscriptions à la fondation de la *Revue générale de l'Électricité*, enfin la composition de notre Conseil d'administration qui réunit les représentants les plus autorisés des Sociétés françaises de construction de matériel et de distribution d'énergie électrique, sont d'ailleurs, pour le lecteur et pour nous-mêmes, les meilleurs garants que toutes les difficultés que nous pourrons rencontrer dans la réalisation de notre programme seront facilement surmontées.

(1) Le regretté J. Hopkinson, l'un des plus éminents créateurs de l'Electrotechnique anglaise, présidant en 1893 un Congrès d'ingénieurs à Londres, avait fait remarquer à ses compatriotes combien les mémoires présentés par les ingénieurs français se distinguaient par leur bonne ordonnance générale, par le classement rationnel des matières et par la clarté ; ces qualités, héritage de la civilisation gréco-latine, resteront, j'aime à l'espérer, celles de la jeune génération et profiteront même aux résumés des travaux étrangers analysés.

Digitized by Google

La présentation rationnelle des matières composant la Revue a été, de notre part, l'objet d'une étude approfondie. Nous avons adopté la classification qui donnait le plus de clarté possible en groupant dans des divisions bien distinctes tout ce qui peut intéresser chaque lecteur suivant ses préférences personnelles.

Nous séparerons donc les matières suivant qu'elles s'adressent plus spécialement aux théoriciens ou aux praticiens. Toutefois, deux divisions ne pouvaient suffire, les praticiens formant deux grands groupes, les constructeurs et les exploitants se subdivisant eux-mêmes en plusieurs classes, suivant que leurs occupations professionnelles se rapportent plus spécialement à la technique ou à l'administration.

Nous avons été ainsi conduits à classer les matières publiées dans quatre sections qui comprendront elles-mêmes diverses rubriques dont le détail est indiqué plus loin. Ces sections sont :

La *Section Scientifique et Technique*, réservée à la science pure et à ses applications mathématiques, ainsi qu'aux études de l'ordre le plus élevé concernant les perfectionnements du matériel électrique ou son emploi ;

La *Section Industrielle* où les ingénieurs et les administrateurs puiseront, dans des articles descriptifs, dans des notes pratiques suggérées par l'expérience quotidienne, et dans des informations d'actualité, les renseignements qui leur sont constamment nécessaires dans leur spécialité ;

La *Section Économique et Financière* dans laquelle seront traitées toutes les questions générales d'organisation du travail, de protection de l'industrie nationale, et dans laquelle paraîtront les comptes rendus des assemblées des Sociétés ainsi que de leurs opérations financières ;

La *Section de Législation* qui contiendra non seulement les textes des lois, décrets et règlements, intéressant les électriciens, mais encore l'examen des propositions et projets de lois, l'exposé de la jurisprudence ainsi que des consultations des services contentieux.

L'ensemble des matières publiées dans ces quatre sections formera chaque semestre un volume d'un millier de pages.

Les mêmes considérations nous ont amenés à publier, dans un cahier spécial, les courtes analyses des ouvrages nouveaux, des brevets d'invention et des articles publiés dans les périodiques français et étrangers, dont l'ensemble forme la *Documentation* bibliographique proprement dite, et qui, insérées dans le corps principal de la Revue, eussent alourdi la table des matières de celle-ci au point d'en rendre l'usage pénible. Les matières y seront classées suivant les sections adoptées dans le cahier du texte principal.

En raison du développement considérable qu'a pris aujourd'hui la presse scientifique et industrielle, beaucoup de lecteurs ont pris l'habitude de coller sur fiches les renseignements bibliographiques. Pour leur faciliter la confection de ces répertoires sur fiches, qui sont de beaucoup les plus commodes, les analyses publiées dans la *Documentation* n'occuperont que le recto des pages. L'ensemble de ces analyses formera chaque semestre un volume de plus de 400 pages, dont 200 de texte, que pourront conserver sous cette forme les lecteurs n'établissant pas de répertoire sur fiches.

Le *Bulletin de l'Union des Syndicats* sera, comme la *Documentation*, publié par fascicules séparés, annexés au premier et au troisième numéro de chaque mois de la *Revue générale de l'Électricité*.

Les matières qui y seront insérées sont celles qui relèvent du but professionnel que poursuivent les divers Syndicats affiliés à l'Union. Nous n'avons pas à y insister.

Ce Bulletin formera chaque année un volume d'environ 200 pages.

Nous ne négligerons pas de dire un mot, en terminant, de la publicité ; celle-ci, pour être efficace, doit frapper l'esprit du lecteur et lui apporter une impression nouvelle. Nous donnerons tous nos soins à la rendre aussi vivante que possible, mais nous ne trouverons pas, dans l'espèce, de meilleurs collaborateurs que les constructeurs eux-mêmes, pourvu qu'ils s'attachent, tout en conservant l'esprit de mesure et le goût français, à moderniser leurs procédés ; ils y viendront facilement du jour où ils seront persuadés de l'efficacité, qui n'est plus à démontrer, d'une réclame bien conçue et artistement présentée.

Tels sont les divers points de l'organisation matérielle de la *Revue générale de l'Électricité* sur lesquels il nous paraissait utile d'entrer en communication avec nos lecteurs. Cette organisation n'est d'ailleurs pas notre œuvre personnelle ; elle est la résultante des suggestions faites par les fondateurs de la *Revue générale de l'Électricité*. Nous nous efforcerons de lui faire donner son maximum de rendement. Mais, pour cela, il est indispensable, comme le dit M. A. Blondel, que les lecteurs collaborent eux-mêmes à la rédaction de la Revue, soit par l'envoi de leurs travaux, soit en fournissant les renseignements que nous leur demanderons, soit encore en nous informant des nouveautés dont ils auraient connaissance. Nous sommes certains qu'ils répondront à cet appel et nous les en remercions.

Les Rédacteurs en chef

J. Blondin,
Agrégé de l'Université.

J. de Soucy,
Ingénieur-conseil.

Digitized by Google

Notes de la Rédaction

Notre premier numéro. — Nous avons cherché à ce que ce numéro donnât aux lecteurs une idée des matières que la Revue générale entend traiter. Dans ce but toutes les sections s'y trouvent représentées, aussi bien dans les parties principales du texte que dans l'annexe de la Documentation.

Mais un numéro isolé d'une revue ne saurait refléter l'ensemble de sa publication, moins encore son premier numéro et celui-ci ne pouvait déroger à cette règle.

L'exposé de notre programme et l'abondance inusitée des documents législatifs, nous ont, en effet, mis dans l'obligation de restreindre l'emplacement des sections autres que la section de législation. Aussi la plupart des articles publiés dans ce numéro, notamment ceux de MM. Brillouin, Bratman, Legouez et celui de la Chambre syndicale de la porcelaine électrotechnique ne sont-ils que des amorces d'études plus étendues qui paraîtront dans les prochains numéros. De plus, nous avons dû reporter à plus tard quelques analyses de travaux étrangers particulièrement intéressants, travaux auxquels nous entendons, comme il est dit dans l'exposé de notre programme, faire une place importante.

Pour terminer cette présentation de notre premier numéro, il ne nous reste plus qu'à appeler l'attention des lecteurs sur les quelques lignes publiées en tête de chacun des articles; elles nous dispensent de donner ici, comme nous le faisions dans nos chroniques de « La Revue électrique », un aperçu du contenu de ces articles. Cette innovation ne nous empêchera pas toutefois de reproduire, dans ces notes éditoriales, quelques indications complémentaires sur les sujets traités dans le corps du numéro, et c'est précisément ce que nous faisons dans le résumé ci-dessous.

La fabrication de la porcelaine électrotechnique en France. — Dans son article sur *l'état de l'industrie électrique française* publié pages 29 à 31 de ce numéro, M. R. Legouez signale que, en raison de l'insuffisance de production de nos usines, nous devions, avant la guerre, acheter en Allemagne environ 5000 quintaux par an d'objets en porcelaine utilisés par l'industrie électrique; il ajoute que cette insuffisance est aujourd'hui réparée et que bientôt nos usines, largement agrandies, nous permettront de devenir exportateurs de ce matériel.

Une enquête faite, au cours de l'année dernière, par la Chambre syndicale de la Porcelaine électrotechnique nous permet de donner quelques précisions sur l'importance ancienne et future de cette fabrication.

Les réponses des sept maisons françaises qui ont répondu aux demandes de l'enquête indiquent une production totale d'environ 5000 t de produits porcelaniques électrotechniques : poulies, pipes, isolateurs pour basse et pour haute tension. Les agrandissements déjà exécutés ou en cours d'exécution porteront la production à 7000 t. D'autres agrandissements projetés font entrevoir une nouvelle et prochaine augmentation de 2300 t, de sorte qu'à bref délai on peut compter sur une production totale de ces fabricants de 9300 t, soit presque le double de la production antérieure.

L'augmentation du matériel d'essai suivra nécessairement la progression de la production. L' « Électro-Céramique (Paul Sailly, Henri Caillet et Cie » qui possède déjà une machine d'essais mécaniques de 10 t et une installation d'essais électriques à 200000 v de 20 kv-a, est en train de joindre à cette dernière une installation, à 500000 v de 100 kw; la « Société des Anciens Établissements Parvillée et Cie » aura pour ses essais électriques un transformateur de 350000 v et pour ses essais mécaniques une machine de 5 t; la « Société des Anciens Etablissements Hache », à Vierzon, prévoit l'installation d'un transformateur de 300000 v; la « Manufacture de Porcelaines de Sainte-Foy-l'Argentière (Rhône) » dispose d'une installation électrique à 150000 v et d'une machine pour essais mécaniques de 5 t, etc.

L'enquête à laquelle nous faisons allusion révélait, en outre, le désir des fabricants de voir unifiées les dimensions des nombreux objets que leur demandent leurs clients afin de pouvoir entreprendre cette fabrication en série, et, par suite, pouvoir vendre à des prix permettant de lutter avec la concurrence étrangère. Beaucoup de nos lecteurs savent que ce vœu a déjà reçu une satisfaction au moins partielle : sur l'initiative de M. R.-V. Picou, l'énergique président du Comité électrotechnique français, l'unification des dimensions des isolateurs a été étudiée conjointement par la Société internationale des Électriciens et par l'Union des Syndicats de l'Électricité; et cette étude a abouti à la rédaction de prescriptions qui ont récemment donné lieu à une intéressante communication de M. Picou à la Société internationale des Électriciens et sur lesquelles nous aurons bientôt l'occasion de revenir.

Ces quelques indications montrent que l'industrie française de la porcelaine électrotechnique est appelée à prendre une place importante parmi les nombreuses industries relevant du domaine de l'électricité. Elles justifient également la publication dans ce numéro, pages 22 à 26, du début d'un important article sur la *Porcelaine électrotechnique* qu'a bien voulu nous adresser la Chambre syndicale de la Porcelaine électrotechnique en vue de faire connaître aux électriciens les procédés de fabrication des objets en porcelaine qu'ils emploient.

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

L'État actuel des théories électriques

Répondant à un désir exprimé par la Rédaction, M. Marcel Brillouin a bien voulu écrire, spécialement pour les lecteurs de la R. G. E., une série d'articles sur les diverses questions de haute science qu'ont soulevées les découvertes expérimentales des vingt-cinq dernières années. Dans ce premier article, l'auteur indique comment il entend exposer ces questions délicates.

Introduction.

1. — Depuis une vingtaine d'années, la Physique générale, et en particulier la Science électrique manifestent une vitalité intense ; elles passent même par une crise de jeunesse pleine d'effervescence. L'un crie à la « déroute de l'atomisme », et quelques années plus tard l'atomisme est partout, jusque dans l' « action » de la mécanique. D'autres attribuent une valeur « philosophique » fondamentale au principe de Carnot-Clausius, parce qu'il s'exprime par une inégalité, et règle « l'évolution de l'Univers ». Une inégalité, c'est en effet un aveu d'ignorance, et qui permet de philosopher ; l'Univers s'étend probablement un peu loin, même du regard, pour qu'on puisse en dire quelque chose de scientifique. Quelques années s'écoulent, et, par l'étude du mouvement brownien, tout change d'aspect ; ce qui semblait loi physique apparaît comme loi statistique, presque indépendante de toute forme particulière de loi élémentaire, et sous le nom de « fluctuations », le mouvement brownien envahit un immense domaine ; les états qui semblaient régis par l'égalité de Carnot-Clausius, ne le sont plus qu'approximativement. Contrairement à toute attente, il se rencontre même un phénomène, le rayonnement du corps noir, que l'application des considérations statistiques conduit à regarder comme incompatible avec ce qu'on admettait comme le type le plus général de loi physico-mécanique.

La chimie des chimistes, après les essais les plus variés des chimistes les plus habiles et les plus perspicaces, allait renoncer à tout espoir de transmutation de la matière, lorsque l'analogie, signalée par Henri Becquerel, de quelques propriétés de l'uranium avec celles du tube de Crookes, provoque les admirables découvertes de Pierre Curie, de Mme Curie, de Rutherford, dont les audacieuses conceptions nous montrent plusieurs séries de corps chimiques issus les uns des autres, les uns presque éternels, les autres prodigieusement éphémères. Ces transformations mettent en jeu de telles énergies que nos moyens d'action les plus puissants n'exercent sur leur durée aucune influence ; dans quelques-unes d'entre elles, les corpuscules électriques sont lancés avec des vitesses qui approchent de celle de la lumière !

Enfin, dans le domaine qui intéresse plus particulièrement les lecteurs de cette Revue, les lois de l'électromagnétisme et de l'optique, définitivement fondues en une seule doctrine depuis les travaux de Maxwell et de Hertz, avaient été mises une première fois par Lorentz, en 1893-1895, sous une forme qui comprenait tous les faits connus, y compris ceux qui résultaient alors du mouvement de la terre, puis retouchées pour s'adapter aux résultats expérimentaux de Michelson-Morley, de Trouton et Noble, de Rayleigh et Brace. Mais il restait quelque indétermination relativement aux propriétés des masses lancées avec des vitesses de 200 000 km : sec, et plus, dans la destruction du radium. Tout parut enfin codifié par Einstein, sous une forme d'une extrême élégance, qui envahit, sous le nom de « principe de relativité » tout le domaine de la Physique et de la Mécanique.

Pendant quelques mois, la simplicité d'énoncé des principes leur fit attribuer un caractère définitif — et de philosopher à perte de vue ! — Mais la physique, si rebelle au mouvement perpétuel de la matière, nous donne au moins le spectacle de celui de l'esprit. Et c'est pour élucider le mystère de la gravitation universelle, c'est-à-dire, chercher ses connexions avec les autres propriétés physiques, que se dépensent depuis quelques années les plus prodigieux efforts intellectuels de quelques physiciens éminents, au premier rang desquels se place, sans conteste, Einstein.

2. — Comment nager avec sécurité dans ce torrent impétueux? Comment discerner le certain du douteux? Comment connaître les faits exacts, bien observés et bien mesurés, et laisser de côté les expériences mal faites ou mal interprétées, auxquelles une habile exposition prête un aspect séduisant? Comment savoir si les théories s'adaptent exactement aux faits, et surtout si elles en sont la conséquence inévitable?

C'est un travail difficile et long, même pour les hommes de science, qui peuvent quelquefois se demander si, au lieu de chercher à suivre dans son ensemble ce mouvement rapide, il n'aurait pas été plus utile de tracer sans arrêt quelques sillons dans un petit champ. Qu'est-ce donc pour l'ingénieur, dont la journée entière est

Digitized by Google

absorbée par ses occupations professionnelles, et qui ne peut que lire, au hasard des loisirs, des articles isolés de revues, et des livres de seconde main, ou écouter d'une oreille distraite et sans préparation suffisante, quelques communications ou conférences de spécialistes dans les sociétés savantes!

Mémoires, livres, congrès, conférences abondent, et il ne faut pas s'en plaindre; mais il n'est pas facile d'en tirer des idées claires sans avoir le temps et la tranquillité d'esprit nécessaires pour les confronter, y réfléchir, et surtout reconnaître une foule de vieilles connaissances sous les dénominations nouvelles que chaque génération leur donne, une foule de raisonnements anciens et probants qu'on ne fait qu'habiller à une nouvelle mode, une foule de faits très bien étudiés par de vieux auteurs dont on n'a fait que changer le classement.

La Rédaction de cette nouvelle revue électrique a pensé qu'il y avait intérêt à mettre ses lecteurs au courant de ce qui peut être utile à la plupart d'entre eux pour les progrès de leur industrie, dans cet extraordinaire mouvement d'idées, qui enfièvre les physiciens depuis une vingtaine d'années. C'est bien un travail de vieux professeur, que je vais essayer de faire ici pour ce que je crois savoir et comprendre à peu près, c'est-à-dire ce qui se rattache à la physique proprement dite, expérimentale ou théorique, mais à l'exclusion presque complète de la chimie physique et de la radioactivité.

3. — Énonçons d'abord quelques vérités banales, mais qu'il n'est pas inutile de rappeler.

Notre science étant une science expérimentale, ce qui la constitue essentiellement ce sont les faits d'expérience et les lois qualitatives et quantitatives qui résument ces faits; à ces lois tirées de l'expérience, nous n'avons le droit d'attribuer que le degré de précision des meilleures expériences qu'elles résument; cela seul fait vraiment partie de la science; cela est acquis définitivement, d'une manière irrévocable. A cela, le progrès des recherches ne peut qu'ajouter, sans rien changer, jamais. Il peut arriver que l'addition soit tout simplement une augmentation dans la précision de l'accord des mesures avec l'énoncé général algébrique, lequel affirme toujours plus que l'on ne sait de science certaine. D'autres fois, le progrès consiste dans une extension du domaine pour lequel la précision se conserve. Parfois aussi, assez souvent même, c'est l'inverse qui se produit; en augmentant beaucoup la précision des mesures, ou le domaine exploré, on découvre que des circonstances, négligeables autrefois, exercent une petite influence. C'est alors que l'on parle volontiers de transformation ou même de révolution.

Transformations ou révolutions, il n'y en a pas dans la partie strictement scientifique de la connaissance; mais il peut s'en produire, et même de très importantes, dans l'interprétation que nous donnons des faits observés et dans le lien que notre imagination établit entre des séries de faits qui nous paraissaient jusqu'alors indépendants. Ces changements d'interprétation peuvent avoir une prodigieuse influence sur l'invention d'expériences nouvelles, et, par conséquent, sur l'acquisition de connaissances scientifiques nouvelles; mais, prises en elles-mêmes, ces interprétations, aussi bien les nouvelles que les anciennes, sont extérieures à la science; elles ne participent à aucun degré de sa certitude, limitée mais définitivement acquise. Elles sont la seule partie de la science que connaisse le public instruit, mais non spécialiste; et comme elles sont aussi la seule partie qui soit exposée à subir les injures du temps — quelquefois avec violence — le public cultivé et curieux est excusable de parler de l'instabilité de la science; d'autant plus que, parmi les savants eux-mêmes, il en est qui attachent plus de prix à l'interprétation qu'à la connaissance des faits, et qui, par l'ardeur de leur propagande ou de leurs critiques, sèment le doute sur le caractère positif de la connaissance scientifique.

Mais les lecteurs de cette Revue, en tant qu'ingénieurs, appliquant les lois physiques acquises, ceux qui en cherchent de nouvelles font acte de savants, et sont nécessairement l'exception, ont besoin de connaître ces lois et leur limite de précision; ils n'ont aucun besoin de connaître les interprétations qu'on en donne, dès que celles-ci dépassent nettement par leur généralité ce qui est scientifiquement contrôlable.

Ces quelques remarques me permettent de préciser dans quel esprit les articles suivants seront écrits.

Je débuterai ordinairement par l'énoncé des faits ou des lois, sous la forme la plus sèche, le plus souvent sous la forme algébrique, avec les indications strictement nécessaires pour s'en servir correctement.

Mais on ne connaît pas une loi, tant qu'on n'a pas étudié, jusque dans les détails techniques, les expériences les meilleures dont elle résume avec trop de précision les résultats. Il faut, par cette étude, apprendre dans quelles circonstances on a certainement le droit de l'employer avec toute la précision que comportent nos mesures, dans quelles circonstances ce droit est douteux. Une telle discussion, qui est pourtant fondamentale pour la connaissance scientifique d'une loi, paraît généralement fastidieuse aux non-spécialistes; je n'ai pas l'intention d'en encombrer cette Revue, mais je ne peux pas non plus la passer totalement sous silence. Je me contenterai le plus souvent de signaler les points délicats les plus importants, laissant à chacun, suivant son goût et ses loisirs, le soin de remonter aux mémoires originaux pour se faire une opinion définitive.

Le plus complet exemple de ces interprétations passionnées est fourni par ce qu'on appelle aujourd'hui le principe de relativité. J'en parlerai brièvement, après avoir rappelé et discuté rapidement les lois du champ électromagnétique.

Marcel Brillouin,
Professeur au Collège de France.

Digitized by Google

Sur la réciprocité des actions électriques et magnétiques

La réciprocité des actions électriques et magnétiques a été traitée sommairement par Vaschy dans son « Traité d'Électricité et de Magnétisme », page 382, § 179. Je me propose, dans le même ordre d'idées, de rechercher la formule réciproque de celle de Laplace.

La formule de Laplace indique, comme on sait, l'intensité en un point P du vecteur champ magnétique H, dû à un vecteur élémentaire ou élément de courant $i\,ds$ placé en MM'. Comme, d'autre part, conformément aux expériences de Rowland, l'élément $i\,ds$ est équivalent à une charge électrique e, placée au point M (x, y, z), se déplaçant suivant MM' avec une vitesse U telle qu'il y ait entre les vecteurs i et U la relation : $i\,ds = e\,U$, on peut dire que r mesurant la distance PM, la loi de Laplace, a, en définitive, pour expression en notation vectorielle la formule

$$H = \left[e\,U,\ \text{grad.}\ \frac{1}{r}\right]. \qquad (1)$$

Je rappelle que la notation $[\alpha\,\beta]$ désigne le vecteur V orthogonal à α et à β, orienté par rapport à ces vecteurs comme ox l'est par rapport à oy et oz et dont la grandeur a pour mesure celle du parallélogramme construit sur les côtés α, β. De plus, grad $\frac{1}{r}$ est le vecteur dont les composantes suivant les axes sont

$$\frac{\partial \frac{1}{r}}{\partial x},\quad \frac{\partial \frac{1}{r}}{\partial y},\quad \frac{\partial \frac{1}{r}}{\partial z};$$

enfin pour que H ait le sens convenable, il faut que l'orientation du trièdre des axes ox, oy, oz soit celle des directions Est, Nord, Zénith, respectivement.

La formule (1) s'applique au champ magnétique créé par le déplacement de la charge électrique e ; cherchons donc le champ électrique E créé par le déplacement de la masse magnétique μ, supposée animée de la même vitesse U que e.

Ce champ E n'est pas autre chose que la force électromotrice d'induction ; or, Poincaré, par exemple, « Électricité et Optique », 2e édition, p. 445) donne la formule

$$\frac{dF}{dt} + \frac{d\psi}{dx} + \frac{4\pi}{K_0} = 0$$

qui se réduira, pour notre cas, en notation vectorielle à :

$$E = -\frac{dA}{dt},$$

A étant le potentiel vecteur dû au déplacement de μ. Donc, pour résoudre le problème, il suffit de remplacer les masses magnétiques par les courants particuliers équivalents.

Or, au lieu de déplacer la masse μ de M en M' dans le temps dt, il revient au même de laisser μ au repos et de créer en M une masse $-\mu$ et en M' une masse $+\mu$, c'est-à-dire de superposer un aimant de moment magnétique $\mathfrak{M}$ tel qu'on ait : $\mathfrak{M} = \mu\,ds = \mu\,U\,dt$.

Mais cet aimant élémentaire est, à son tour, équivalent à un petit feuillet de surface dS bordé par un courant I, pourvu que l'on ait : $\mu\,U\,dt = I\,ds$, I représentant le vecteur normal à dS de grandeur égale à l'intensité du courant.

Or si on appelle A le potentiel vecteur dû à tous les courants du champ, soit dA l'augmentation due à la création du courant particulaire $I\,dS$. Si I était égal à l'unité, la composante dF suivant l'axe des x, serait :

$$dF = \int \frac{dx}{r}$$

l'intégrale étant étendue au contour de la surface dS, mais la formule de Stokes permet de transformer cette intégrale de ligne en une intégrale de surface; si l, m, n, sont les cosinus directeurs de la normale à dS, on a :

$$dF = \int \left(m\,\frac{\partial \frac{1}{r}}{\partial z} - n\,\frac{\partial \frac{1}{r}}{\partial y} \right) dS$$

ou, plus simplement, puisque l'intégrale se réduit en réalité à un seul élément :

$$dF = \left(m\,\frac{\partial \frac{1}{r}}{\partial z} - n\,\frac{\partial \frac{1}{r}}{\partial y} \right) dS.$$

Un calcul analogue s'applique aux autres composantes.

Revenant à l'intensité I et à la notation vectorielle, nous aurons :

$$dA = \left[\nu I\,dS,\ \text{grad.}\ \frac{1}{r}\right]$$

et par suite :

$$E = -\frac{dA}{dt} = -\left[\mu\,U\,dt,\ \text{grad.}\ \frac{1}{r}\right].$$

Ce qui est la formule réciproque de celle de Laplace.

J.-B. Pomey,
Ingénieur en chef des Télégraphes.

Digitized by Google

Théorie chimique et fonctionnement physique de l'accumulateur au plomb

Bien que soixante ans se soient déjà écoulés depuis la remarquable découverte de Planté, les savants ne sont pas encore complètement d'accord sur les réactions qui se passent dans l'expérience si simple de l'électrolyse de l'eau acidulée sulfurique entre deux lames de plomb. Des recherches récentes, dont le but était l'établissement d'un accumulateur à liquide immobilisé, ont amené M. Ch. Féry à étudier à nouveau cette électrolyse. Ce sont les résultats de cette étude qui sont exposés ci-dessous. Ainsi qu'on le verra, ils sont en désaccord complet avec la théorie du fonctionnement de l'accumulateur la plus généralement admise, la théorie de la double sulfatation.

I. — Dans l'esprit de G. Planté, l'inventeur de l'accumulateur au plomb, qui est encore le plus employé, les réactions qui se produisent dans l'électrolyse de l'eau acidulée sulfurique par deux lames de plomb étaient très simples.

A la positive, prenait naissance du bioxyde de plomb, et à la négative, du plomb métallique.

Après plusieurs charges et décharges inversées, une sorte de mousse de plomb constituait la négative, tandis que la positive était formée par un dépôt plus épais de bioxyde de plomb. La capacité de l'élément croissait naturellement avec l'épaisseur de ces deux couches.

On s'est aperçu bientôt que cette théorie si simple était incapable d'expliquer complètement tous les phénomènes de la charge et de la décharge, et c'est ainsi qu'ont pris naissance un certain nombre de théories qui ont tout au moins servi à montrer la complexité d'une électrolyse qui semblait en apparence devoir s'expliquer très simplement.

Faure, qui a rendu pratique la découverte de Planté, laquelle remonte, comme on sait, à 1860, pensait que, pendant la décharge, se produisait la réaction :

$$2\,Pb + 2\,PbO^2 = Pb^2O + Pb^2O^3$$

indiquant la formation d'un sous-oxyde de plomb à la négative et de minium à la positive.

La théorie qui est devenue classique est celle de Gladstone et Tribe [1], qui n'admettent pas un simple échange d'oxygène entre les deux électrodes, mais bien une *sulfatation de ces deux électrodes*. La décharge serait exprimée en bloc par la réaction :

$$PbO^2 + 2\,SO^4H^2 + Pb = 2\,SO^4Pb + 2\,H^2O.$$

Drewiecki [2] ne trouve qu'un équivalent de SO^4 fixé par ampère-heure au lieu de deux, nécessités par la sulfatation des deux plaques admise dans la théorie précédente, dite de la *double sulfatation*.

Il croit à la formation d'anhydride perplombique Pb^2O^5 qui se combinerait pendant la charge à de l'eau oxygénée, qui prend également naissance, et qui donnerait $Pb^2O^5H^2$, analogue à l'acide permanganique. Cet acide perplombique constituerait le dépolarisant.

Les expériences de la commission d'Anvers confirment la simple sulfatation de la négative en conduisant à une variation totale du poids des plaques de 64,16 g pour 36,5 a-h.

La théorie de Drewiecki donnerait 63,64 g soit + 2,376 g à la cathode et — 0,636 g à l'anode par ampère-heure.

En 1890, Gladstone et Hibbert appuient par leurs travaux la théorie de la double sulfatation [3].

Darrieus [4], réfute au contraire cette théorie, en faisant remarquer que la quantité très variable et toujours faible de $PbSO^4$ qu'on trouve dans la positive après décharge, ne semble pas être fonction des ampères-heure fournis. Il pense qu'il peut très bien se produire un peu de litharge dans la matière positive et que ce n'est qu'après coup que cet oxyde se sulfate.

Cette manière de voir a été contestée en Angleterre par Gladstone et Hibbert, et par Elbs et Streintz, en Allemagne.

En 1896, Elbs admet la formation, pendant la charge, d'un sel tétravalent de plomb très instable $Pb\,SO^{4\,2}$ qui se décomposerait d'après la réaction suivante :

$$Pb\,SO^{4\,2} + 2\,H^2O = PbO^2 + 2\,SO^4H^2$$

en donnant ainsi naissance à la matière positive PbO^2.

Cooper [5] n'est pas de l'avis de Darrieus, il n'admet pas qu'on puisse comparer l'action de SO^4H^2 sur la litharge chimiquement préparée, à celle sur PbO qui se formerait très divisée dans la positive.

Cooper ne semble pas admettre d'autre part sans restriction la théorie de la double sulfatation.

Mugdan [6], à la suite de nombreuses expériences, conclut que les seuls corps actifs dans l'accumulateur sont Pb, PbO^2 et SO^4Pb.

Wade [7] admet que les corps actifs sont des polymères de même corps chimiquement obtenus.

Pfaff [8] trouve expérimentalement 2,691 g de SO^4H^2

(1) *La Lumière électrique*, t. VII, p. 285 et t. VIII, p. 122.
(2) *Bulletin de la Société internationale des Électriciens*, t. VI, p. 414.
(3) *Phil. Mag.* 1890, p. 168.
(4) *Bulletin de la Société internationale des Électriciens*, mai 1892.
(5) *The Electrician*, t. XXXV, p. 296.
(6) *Zeitschrift f. Electrochemie*, t. VI, p. 309-320, 1899.
(7) *Proceedings of the Inst. of Electrical Engineers*, t. XXIX, 1900.
(8) *Centralblatt für Accumulatoren und Elementenkunde*, t. II, p. 73 et 173.

Digitized by Google

disparus, par ampère-heure, tandis que la double sulfatation indique 3,65 g.

II. — L'énumération, bien incomplète qui précède, des diverses théories chimiques qui ont été émises pour expliquer le fonctionnement remarquable de l'accumulateur au plomb, montre que, soixante ans après la découverte de Planté, les savants sont loin d'être d'accord sur ce qui se passe dans l'électrolyse de l'eau acidulée sulfurique par deux électrodes de plomb.

Les recherches auxquelles je me suis livré sur ce sujet avaient pour but l'établissement d'un accumulateur à liquide immobilisé qui rendrait en ce moment les plus grands services.

Comme on l'a vu par ce qui précède, l'incertitude règne principalement sur la composition de la matière active positive, composition dont dépendent naturellement les réactions qui se produisent tant à la charge qu'à la décharge.

On peut remarquer également que, bien qu'étant devenue classique, la théorie de la double sulfatation n'est pas acceptée par tous les chercheurs qui se sont occupés de la question.

Mon premier soin a été d'extraire des alvéoles d'une positive chargée à refus la matière qu'elles contenaient, de la laver soigneusement et de la sécher à une température qui n'a pas dépassé 35°, afin de ne pas la décomposer.

Les propriétés dépolarisantes énergiques de cette matière m'ont en effet fait supposer qu'elle devait être très instable. J'ai ensuite comparé les propriétés physiques et chimiques de ce peroxyde électrolytique à celles du bioxyde de plomb chimiquement préparé et provenant de divers fabricants.

Ce dernier oxyde m'a d'ailleurs donné des résultats constants, quelle que soit sa provenance.

Voici le résumé de cette comparaison :

	PbO^2	PEROXYDE ÉLECTROLYTIQUE
Résistivité en unités arbitraires	22	1
F. é. m. avec le zinc	0,7 à 0,5 v.	2,4 v.
— — plomb	0,3 à 0,2 v.	2,0 v.
Couleur	Puce.	Beau noir.
Analyse chimique	PbO^2	Pb^3O^7
Propriétés oxydantes	Ne se réduit pas à froid dans l'hydrogène.	Se réduit avec dégagement de chaleur.

Ce tableau montre que la matière active positive *n'est pas* du bioxyde de plomb. Un accumulateur à électrode négative de zinc monté avec du PbO^2 à la positive donne un palier dont le voltage moyen est 0,5 v. En montant de même un élément avec le peroxyde électrolytique, on obtient une décharge normale dont le voltage moyen est 2,3 v environ, puis il y a une chute brusque et nouveau palier commençant à 0,7 v comme dans le cas précédent.

Il en résulte que la matière positive *déchargée est du bioxyde de plomb.*

Il est bien naturel, dans ces conditions, que la théorie de la double sulfatation ne peut s'appliquer, puisqu'elle admet pour la matière positive *chargée* une constitution qui appartient en réalité à la matière positive *déchargée.*

III. — Ayant conservé pendant une dizaine de jours la poudre noire et séchée provenant de la positive d'un accumulateur chargé à refus, j'ai remarqué que, bien qu'étant placée dans une capsule recouverte de papier pour la préserver de la poussière, cette poudre prenait *à la surface* une teinte se rapprochant de celle de PbO^2. Au contraire, la matière sous-jacente conservait sa belle teinte noire qui la fait ressembler, à s'y méprendre, à du noir de fumée.

Des doutes se sont alors élevés dans mon esprit sur l'exactitude de la constitution à laquelle m'avaient amené cinq analyses chimiques concordantes bien qu'effectuées par deux procédés différents.

Ne peut-on pas craindre, en effet, que ce corps, si instable qu'il perd spontanément de l'oxygène pour passer à la forme plus stable PbO^2, n'ait déjà perdu un peu d'oxygène pendant la dessiccation qui a précédé l'analyse ?

J'ai pensé alors que le seul procédé correct de dosage de ce corps était d'en faire pour ainsi dire une analyse en mesurant les ampères-heure que peut fournir une positive contenant un poids connu de matière active.

Les formules qui ont été indiquées par divers auteurs pour représenter la constitution chimique du peroxyde électrolytique sont toutes plus riches en oxygène que PbO^2, ce sont : Pb^4O^9 ; Pb^3O^7 résultat de mes propres analyses) et enfin Pb^2O^5 (Drewiecki, Société internationale des Electriciens, 1889, n° 63).

Toutes ces formules répondent à la constitution Pb^nO^{2n+1}, avec des valeurs de *n* différentes. Ces superoxydes semblent dus à des combinaisons de Pb^2O^5 avec une ou deux molécules de PbO^2.

On peut calculer a priori le poids de ces oxydes nécessaire pour fournir 1 A-h ; les résultats de ce calcul sont indiqués dans le tableau suivant :

FORMULE DE L'OXYDE	POIDS MOLÉCULAIRE	RAPPORT DE Pb A PbO^x	POIDS D'O LIBÉRABLE POUR PASSER A PbO^2	POIDS PAR A-h POUR PASSER A PbO^2
PbO^2	239	0,866	0	∞
Pb^4O^9	972	0,853	16gr,53 A-h	18,2 gr
Pb^3O^7	733	0,847	16	13,6 gr
Pb^2O^5	494	0,841	16	9,3 gr
Pb^2O^5,H^2O^2	528		32gr,106 A-h	5,0 gr

La dernière combinaison Pb^2O^5,H^2O^2 ou $Pb^2O^7H^2$, indiquée comme possible par Drewiecki, serait analogue à l'acide permanganique.

Pour savoir duquel de ces oxydes se rapproche le

Digitized by Google

peroxyde électrolytique noir, il suffit de décharger une positive contenant un poids connu de matière. J'ai fait cette expérience en ayant soin d'opposer à cette positive deux négatives beaucoup plus grosses et dont la capacité était environ 30 fois plus grande. Dans ces conditions la décharge est nettement limitée par la positive.

La petite plaque d'essai qui me servait avait 12 × 12 mm et 4 mm d'épaisseur, elle comportait 16 alvéoles contenant au total 22 g de matière active. Dans ces conditions et après une charge prolongée, j'ai obtenue 2, 8 A-h, ce qui fait ressortir l'ampère-heure pour 7, 86 g de matière active. Il faudrait donc 4 16 g de cette matière pour libérer 16 g d'oxygène.

Si l'on pose $Pb^n O^{2n+1} = n\,PbO^2 + O$ - - 4 16. On tire $n = 1,67$, ce qui conduit à la formule $Pb^{10}O^{26}$, bien voisine de Pb^2O^5.

La présence des produits très oxydants formés normalement en fin de charge dans la positive : acide persulfurique, eau oxygénée et ozone, est de nature à faire attribuer au peroxyde électrolytique, ainsi dosé sur place, une capacité d'oxydation plus grande que celle qu'il possède réellement.

Il semble donc évident que la dépolarisation de la positive est bien due à Pb^2O^5, comme Drewiecki l'avait avancé dès 1889.

J'ai plusieurs fois observé dans des décharges normales d'accumulateurs deux paliers : le premier est presque rigoureusement horizontal et le second est très légèrement incliné. Cette observation se fait très nettement en plaçant un voltmètre enregistreur aux bornes de l'élément en débit.

On pourrait supposer que le premier palier est dû au passage de Pb^2O^5 à Pb^3O^7 et le second à la réduction de Pb^3O^7 à l'état de PbO^2. Les deux paliers observés correspondent en effet à des capacités sensiblement égales.

La réaction véritable de décharge qui se produit dans l'accumulateur au plomb est donc :

A la négative $Pb + SO^4H^2 = SO^4Pb + H^2$. ;

A la positive $Pb^2O^5 + H^2 = 2PbO^2 + H^2O$.

Elle montre que le poids théorique de plomb nécessaire à la positive est *double* de celui qu'il faut à la négative.

Pratiquement d'ailleurs, les constructeurs emploient des positives plus épaisses que les négatives.

Bien qu'il n'y ait aucune incertitude sur le rôle de la négative, et que l'on ait démontré l'inexistence de prétendus hydrures de plomb signalés par certains auteurs, j'ai pensé qu'il était intéressant de rechercher quel est le poids de Pb *pratiquement* nécessaire pour fournir 1 A-h.

Pour ce faire, j'ai monté comme précédemment un élément comportant une petite négative, contenant un poids bien connu de plomb, disposée entre deux grosses positives de capacité 30 fois plus grande environ.

De cet essai, il résulte que pratiquement il faut 9,9 g de Pb à la négative pour produire l'ampère-heure, au lieu de 3,84 g exigés par la théorie.

IV. — Il est possible maintenant de se faire une idée du fonctionnement physique de l'accumulateur au plomb :

Chargé, l'élément ne contient dans ses alvéoles que des substances à haute conductibilité électrique, Pb métallique spongieux à la négative, Pb^2O^5 à la positive.

Dès qu'on le met en décharge, ce sont les couches superficielles qui entrent les premières en réaction, ce qui explique le changement presque instantané de la *couleur* des plaques.

Déchargé, ce même élément ne contient plus que des matières peu conductrices : SO^4Pb à la négative, PbO^2 à la positive.

Il en résulte qu'à la charge suivante, les réactions : $Pb\,SO^4 + H^2 = Pb + SO^4H^2$ à la négative et $2PbO^2 + O = Pb^2O^5$ à la positive, se feront d'abord au contact des grilles et progresseront régulièrement jusqu'à la surface.

Ce ne sera donc que lorsque l'élément sera *chargé à refus*, que la positive prendra la belle teinte noire du Pb^2O^5.

L'excès de matière négative à employer provient de la nécessité où l'on est de laisser à fin de décharge une éponge ramifiée de plomb métallique indispensable pour amener le courant dans la masse très peu conductrice de $PbSO^4$ formé pendant la précédente décharge.

D'où cette recommandation très importante de ne jamais laisser au repos une batterie déchargée sans l'avoir rechargée, et cela sous peine de *sulfater complètement* toute la masse négative et de rendre ainsi impossible, ou tout au moins très pénible la remise en état de l'élément.

V. — L'un des principaux arguments invoqués en faveur de la théorie de la double sulfatation, est la concordance entre l'expérience et le calcul de la force électromotrice en partant des données thermochimiques.

Ma conviction absolue est que la positive *ne se sulfate pas* dans une décharge normale ; c'est donc par une pure coïncidence que la valeur calculée correspond avec celle observée pour le voltage.

D'après Thomsen, la sulfatation du plomb de la négative dégage 73 800 calories. La réaction totale de l'élément fournit 89 230 calories. Il en résulte que la formation de Pb^2O^5 à la positive pendant la charge *absorbe* 15 430 calories et que le passage de Pb^2O^5 à Pb^2 les restitue à la décharge.

Ceci ne doit pas nous étonner, vu la grande instabilité de ce corps qui est sans doute un des oxydants les plus énergiques de la chimie.

On sait qu'au contraire le bioxyde de plomb est relativement stable, puisque sa formation en partant de Pb dégage 12 410 calories.

Ch. Féry,

Professeur à l'École de Physique et de Chimie industrielles de la Ville de Paris.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

Électrification des lignes de banlieue des Chemins de fer de l'État

SOUS-STATION DE TRANSFORMATION DU PONT-CARDINET

L'électrification des lignes de banlieue du réseau de l'Etat, dont le programme a été magistralement présenté par M. Mazen dans une conférence au Conservatoire des Arts et Métiers en 1913, a nécessairement subi, du fait de l'état de guerre, un retard considérable. Beaucoup d'installations sont néanmoins terminées ou en voie d'achèvement. L'article ci-dessous donne la description de l'une de ces installations, la sous-station du Pont-Cardinet, qui comprend : un poste de sectionnement recevant du courant triphasé à 15 000 v, 25 p : sec de l'usine de Bezons et du courant triphasé à 5 000 v de l'usine des Moulineaux, une sous-station de traction transformant en courant continu à 650 v les courants de haute tension, une sous-station d'éclairage et de force motrice fournissant aux gares et ateliers du voisinage du courant continu à 2 × 250 v, enfin quelques installations annexes. Le poste de sectionnement est seul décrit dans ce numéro.

Le réseau des chemins de fer de l'État avait, avant la guerre, élaboré un programme de travaux relatifs à l'électrification de ses lignes de petite et de grande banlieue. L'énergie nécessaire devait être fournie par deux usines : l'usine Nord (usine de Bezons) et l'usine Sud (usine des Moulineaux), et distribuée au moyen de câbles à haute tension à un certain nombre de sous-stations de transformation dont les emplacements avaient été judicieusement déterminés (1).

La guerre a forcément ralenti l'exécution de ce programme. Néanmoins les travaux ont toujours été poussés aussi activement que possible, aussi bien pour les usines que pour les sous-stations dont quelques-unes sont complètement terminées ou en voie d'achèvement.

Nous allons décrire la sous-station du Pont-Cardinet située, comme l'indique la carte (fig. 1), près de la station de Batignolles, au droit de la bifurcation de la ligne d'Auteuil. Son emplacement correspond donc à une partie des voies où la circulation des trains présente le maximum d'intensité.

De plus, elle a été établie à l'emplacement de l'ancienne sous-station d'éclairage et de force motrice qui alimentait les gares de Batignolles-voyageurs et marchandises ainsi que le dépôt et les ateliers de Batignolles et de Levallois. Il en est résulté, il est vrai, une certaine gêne pendant l'exécution des travaux, mais on a pu réunir ainsi dans un seul local les deux sous-stations de traction et d'éclairage et force motrice tout en permettant de donner à cette dernière une augmentation de puissance considérable.

La sous-station du Pont-Cardinet, déjà très importante au point de vue de la traction, présente donc un intérêt capital du fait qu'elle est doublée par une sous-station qui assure l'éclairage et la force motrice nécessaire aux appareils de manutention et d'outillage d'un ensemble de gares et d'ateliers occupant une superficie de plus de soixante hectares.

Le bâtiment de la sous-station a été étudié par M. Génuys, architecte du Réseau, et exécuté par la maison Haour frères. Il est en fer et briques et a une longueur de 38,70 m sur 20,70 m de largeur (fig. 2 et 3).

Il comporte une salle des machines disposée au niveau des voies avec sous-sol, recouverte d'un plancher qui supporte des accumulateurs. La toiture-terrasse en ciment volcanique est surmontée d'une tourelle de sortie des canalisations.

Latéralement à la salle des machines, un plancher, légèrement surélevé par rapport au niveau du sol de la salle, porte tous les tableaux et pupitres de commande. Trois galeries intermédiaires, dont une au niveau de la salle des accumulateurs, servent à recevoir l'appareillage électrique haute tension nécessaire au fonctionnement de la sous-station.

Poste de sectionnement. — L'énergie nécessaire à cette sous-station peut être fournie sous forme de courant triphasé à haute tension, à la fois par l'Usine Nord (15 000 v, 25 p : sec) et par l'Usine Sud (15 000 v ou 5 000 v, 25 p : sec).

Le courant à 15 000 v est utilisé pour la sous-station de traction. Pour la sous-station d'éclairage et de transport de force, on a dû admettre la tension de 5 000 v, par

(1) Voir à ce sujet la Conférence faite au Conservatoire des Arts et Métiers, le 9 mars 1913, par M. Mazen, Ingénieur en chef du Service électrique des Chemins de fer de l'Etat et reproduite dans les journaux suivants :
La Lumière électrique, du 3 mai 1913 ;
La Revue électrique, du 18 avril 1913 ;
Le Génie civil, du 22 mars 1913 ;
Electrical Engineering, du 29 mai 1913 ;
The Electrician, du 6 juin 1913 ;
The Light Railway and Tramway Journal, du 6 juin 1913 ;
Bulletin du Congrès des Chemins de fer, de mai 1914.

Digitized by Google

suite de la réutilisation du matériel électrique de l'ancienne sous-station pour le fonctionnement duquel cette tension avait été adoptée.

Le courant est amené dans la sous-station, sous ces deux tensions, à un poste dit poste de sectionnement qui permet de l'envoyer, soit vers les sous-stations voisines,

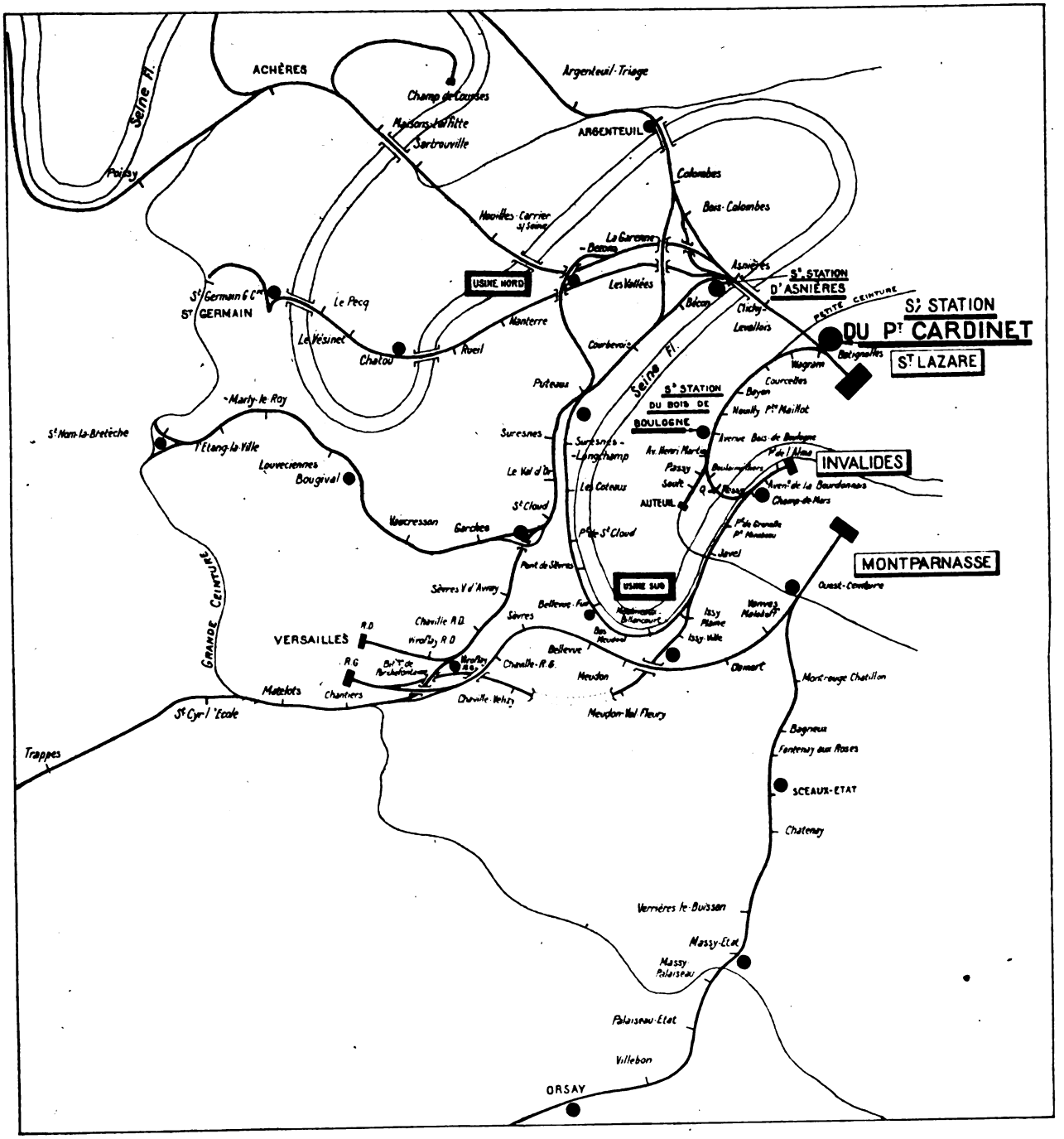


Fig. 1. — Carte donnant l'emplacement des sous-stations prévues pour l'électrification des lignes de banlieue.

soit de l'utiliser pour l'alimentation des groupes de traction ou des groupes d'éclairage et de force.

Deux batteries de transformateurs de déversement permettent de pouvoir passer facilement d'une tension à l'autre.

On a donc dû diviser le poste de sectionnement en

Digitized by Google

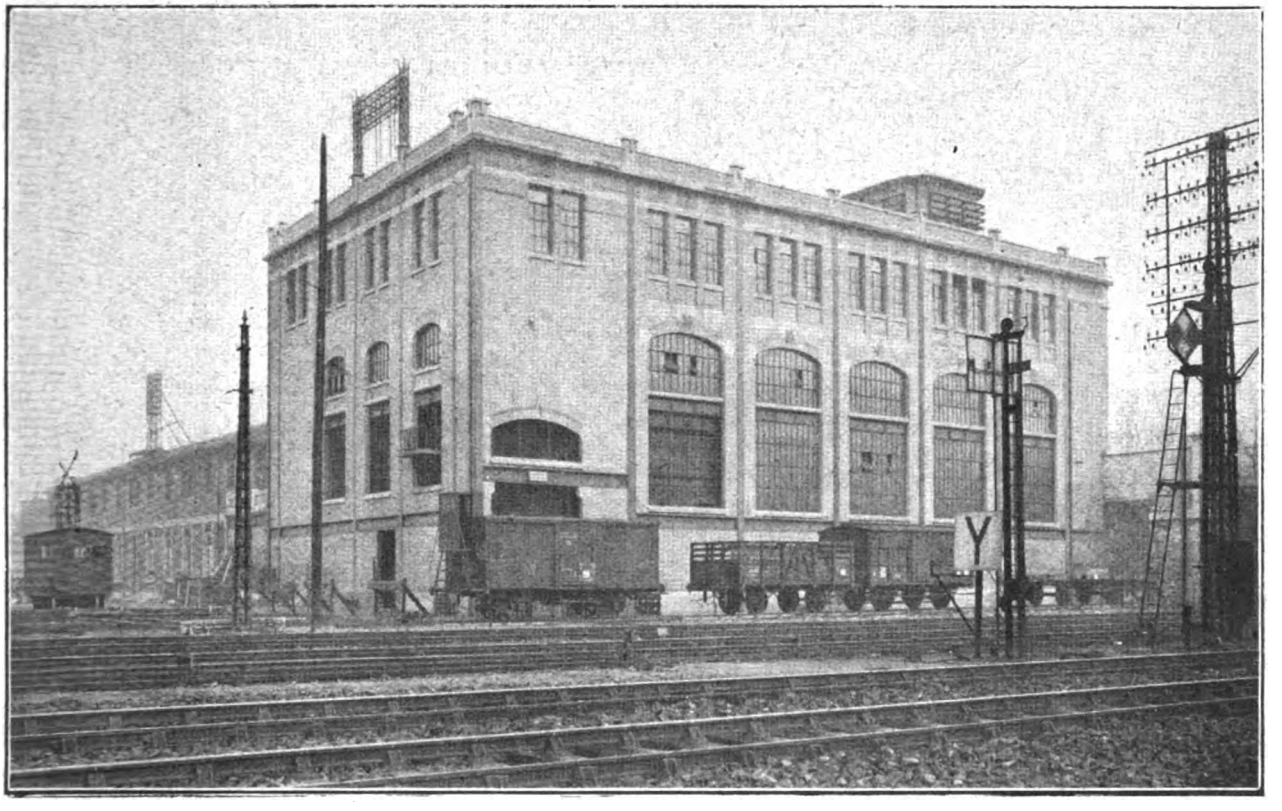


Fig. 2. — Vue d'ensemble du bâtiment de la sous-station, prise du côté des voies principales.

Fig. 3. — Vue d'ensemble du bâtiment de la sous-station, prise côté Pont-Cardinet

Digitized by Google

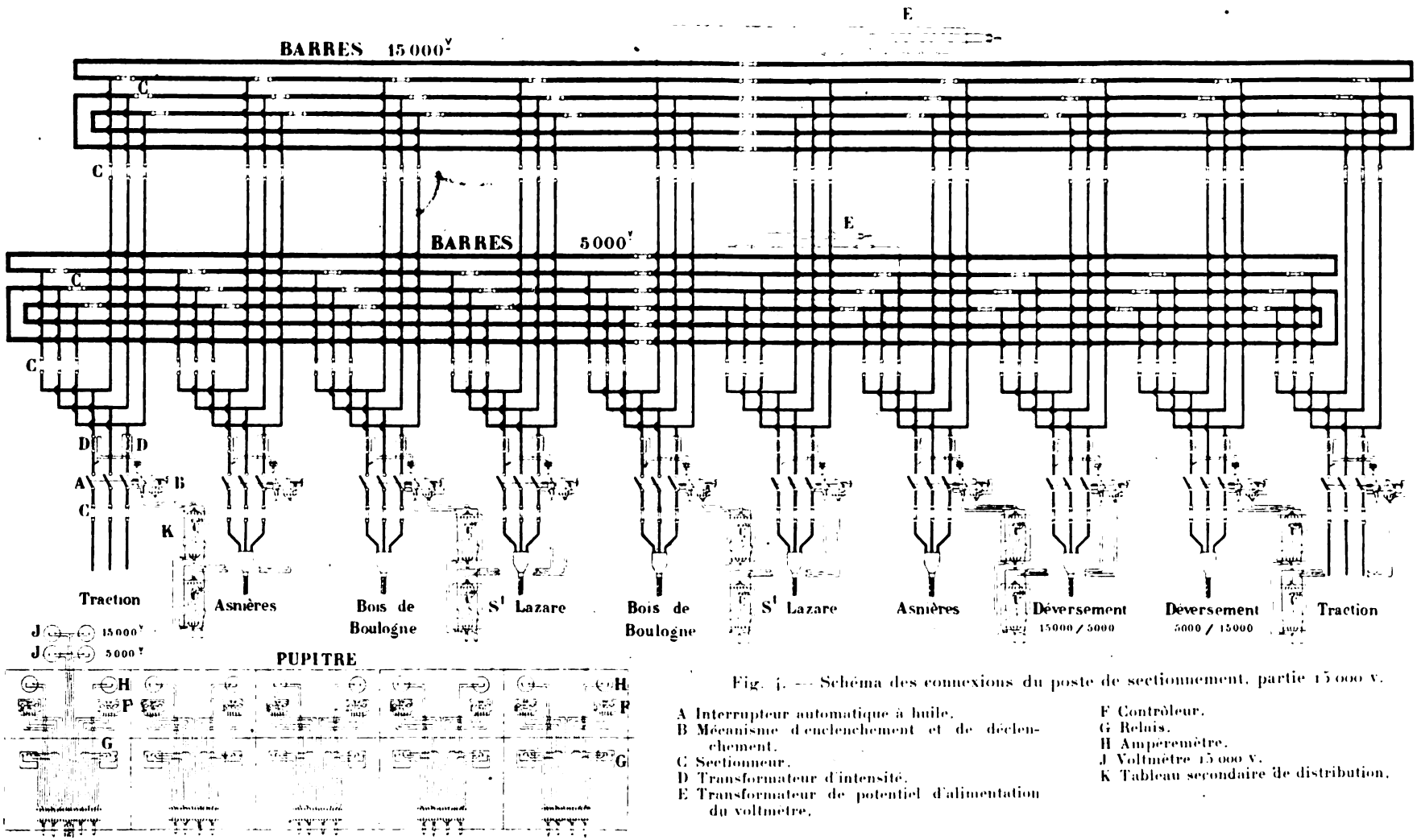


Fig. 1. — Schéma des connexions du poste de sectionnement, partie 15 000 v.

A Interrupteur automatique à huile.
B Mécanisme d'enclenchement et de déclenchement.
C Sectionneur.
D Transformateur d'intensité.
E Transformateur de potentiel d'alimentation du voltmètre.
F Contrôleur.
G Relais.
H Ampèremètre.
J Voltmètre 15 000 v.
K Tableau secondaire de distribution.

Digitized by Google

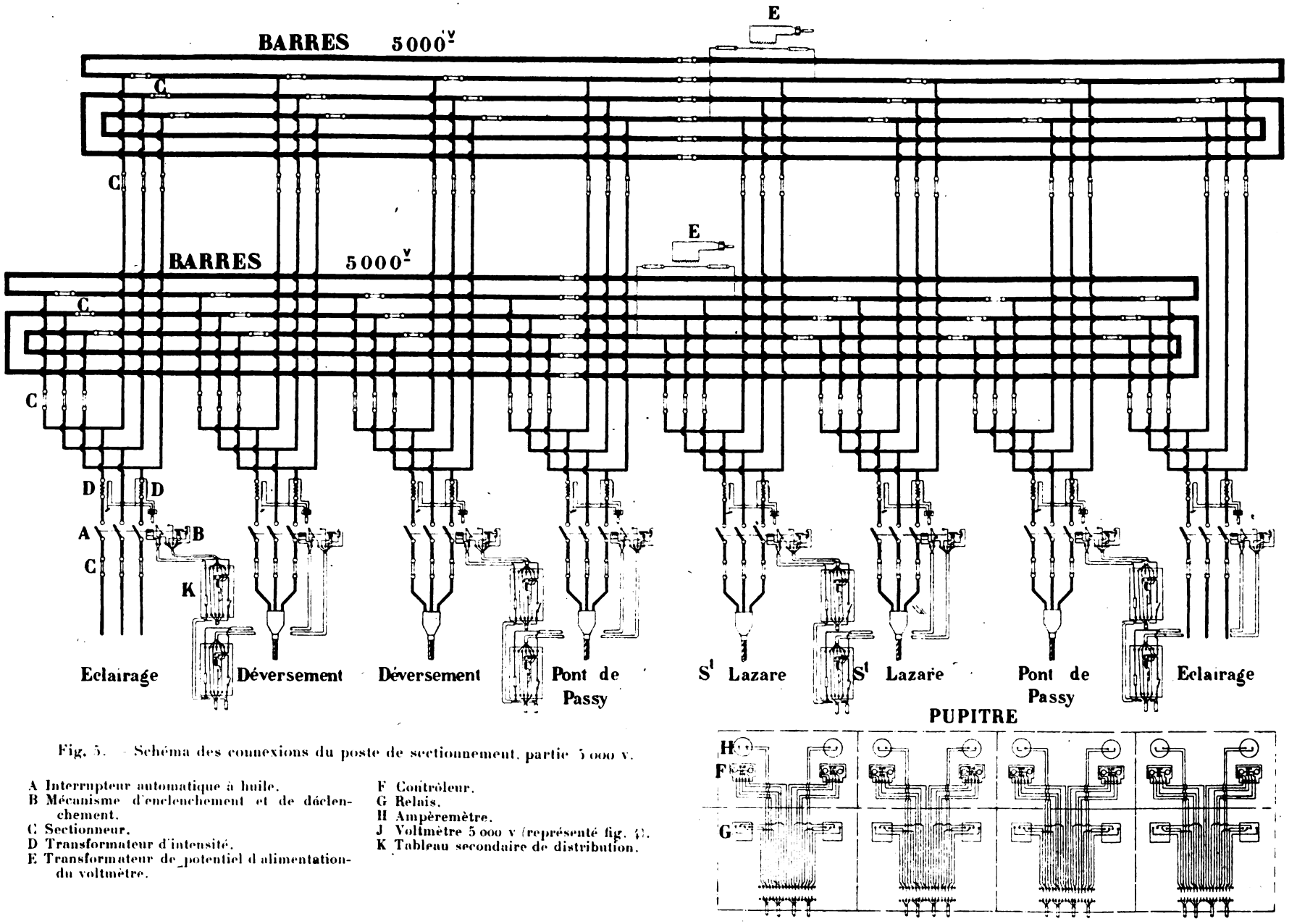


Fig. 5. — Schéma des connexions du poste de sectionnement, partie 5 000 v.

A Interrupteur automatique à huile.
B Mécanisme d'enclenchement et de déclenchement.
C Sectionneur.
D Transformateur d'intensité.
E Transformateur de potentiel d'alimentation du voltmètre.
F Contrôleur.
G Relais.
H Ampèremètre.
J Voltmètre 5 000 v (représenté fig. 4).
K Tableau secondaire de distribution.

Digitized by Google

deux parties bien distinctes et comprenant en réalité deux postes : l'un à 15 000 v, l'autre à 5 000 v.

Le poste à double réseau haute tension ainsi constitué est, dans un but de sécurité indispensable, relié aux usines Nord et Sud par deux câbles pair et impair, distincts, placés de part et d'autre des voies ferrées qu'ils longent, en sorte que l'on puisse, si cela est nécessaire, fonctionner soit avec les câbles pairs seuls, soit avec les câbles impairs, soit enfin avec les deux en parallèle.

En conséquence, les câbles qui sont reliés à ces postes sont les suivants (voir schéma de principe fig. 6) :

1° *Réseau à 15 000 volts.* — 6 câbles pairs et impairs de 3 × 150 mm² comprenant (fig. 4) :

2 câbles pair et impair venant de l'usine Nord par la sous-station d'Asnières ;

2 câbles pair et impair venant de l'usine Sud par la sous-station du Bois-de-Boulogne en empruntant la ligne Auteuil-Saint-Lazare ;

2 câbles pair et impair destinés à l'alimentation des sous-stations et postes d'éclairage et transport de force de la gare Saint-Lazare.

Pour assurer l'exploitation de la sous-station de ce poste, partent :

2 câbles qui sont reliés aux transformateurs de déversement ;

2 câbles pour l'alimentation des barres-omnibus 15 000 v du poste haute tension de la sous-station de traction.

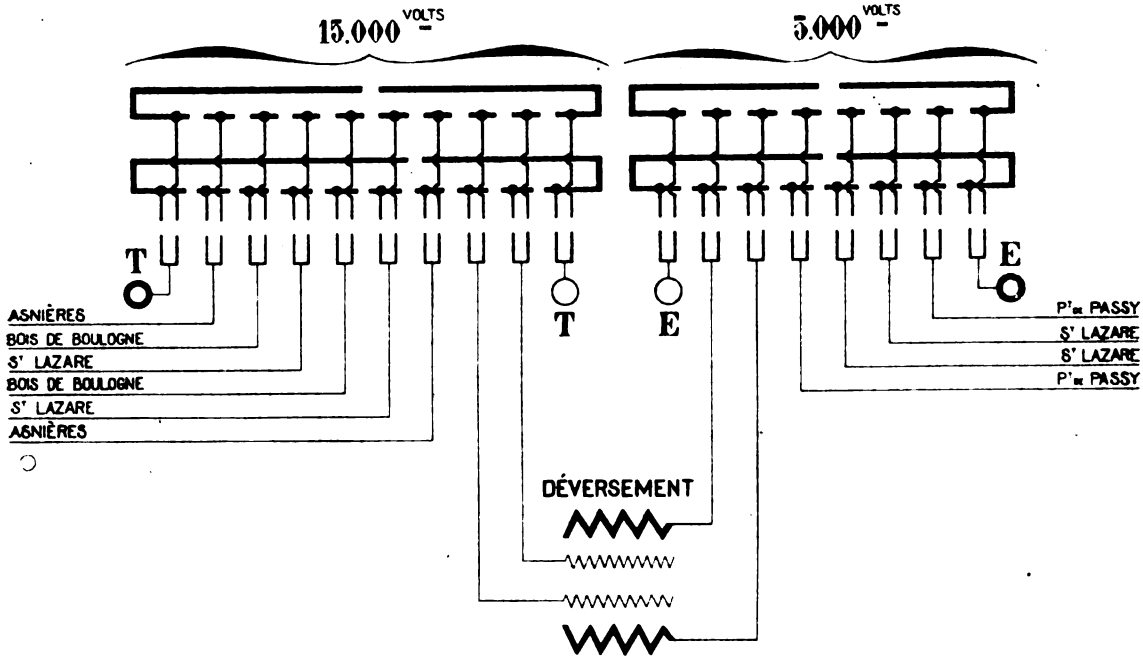


Fig. 6. — Schéma de principe du poste de sectionnement.

L'ensemble du poste de sectionnement 15 000 v comprend donc 10 tranches desservant 10 câbles prévus chacun pour une intensité de 300 A.

2° *Réseau à 5 000 volts.* — De même que pour la partie 15 000 v, ce poste (fig. 5) comprend deux parties distinctes :

Alimentation : 4 câbles de 3 × 150 mm² pairs et impairs comprenant :

2 câbles pair et impair venant de l'usine Sud par le poste de sectionnement du Pont-de-Passy en empruntant les lignes du Champ-de-Mars et d'Auteuil ;

2 câbles pair et impair destinés à l'alimentation des sous-stations et postes d'éclairage et de transport de force de la gare Saint-Lazare.

Utilisation : 2 câbles aboutissant aux transformateurs de déversement ;

2 câbles pour l'alimentation des barres-omnibus 5 000 v, du poste haute tension de la sous-station d'éclairage.

Le poste de sectionnement, partie 5 000 v, comprend ainsi 8 tranches desservant 8 câbles prévus également chacun pour 300 A.

L'ensemble du matériel électrique nécessaire à l'équipement de ce poste a été fourni et installé par les soins de la Société alsacienne de Constructions mécaniques de Belfort. Les figures 5 et 6 donnent les schémas complets de ses connexions.

La figure 7 relative à une coupe transversale de la sous-station montre les dispositions qui ont été adoptées en vue du montage de cet appareillage.

Les câbles à haute tension venant de l'extérieur sont logés, dès leur entrée dans la sous-station,

Digitized by Google

dans des gaines en brique ou en ciment armé.

Ils sont dirigés vers le poste de sectionnement par deux côtés opposés (fig. 8), les câbles à 15 000 v par N, les câbles à 5 000 v suivant O, et amenés par un faux plancher aménagé au niveau de la deuxième galerie, à des boîtes d'extrémité, type horizontal. A partir de ces boîtes et jusqu'aux boucles de sectionnement et interrupteurs, les trois phases de chaque câble, de

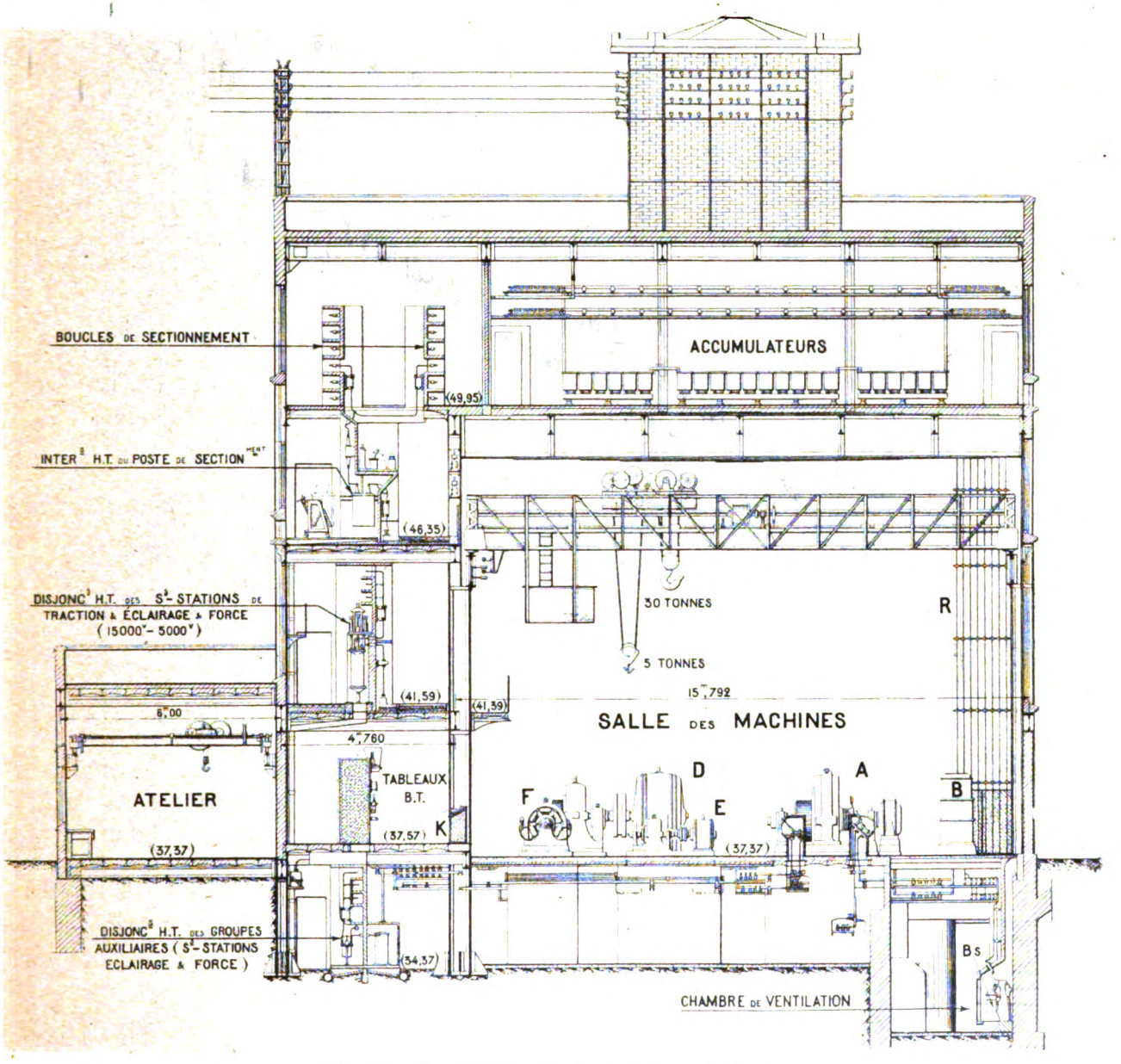


Fig. 7. — Coupe transversale de la sous-station.

A Commutatrices de 1 500 kw et ses 2 pupitres : pupitre de démarrage et pupitre à courant continu.
B Tranformateurs monophasés de 535 kv-a.
BS Bobine de self triphasée.
D Groupe convertisseur de 300 kw.
E Groupe de démarrage de 30 kw.
F Egalisatrice de 100 kw.
K Pupitre de commande des disjoncteurs haute tension de la sous-station de traction.
R Départs des feeders d'éclairage et de force (vers galerie souterraine).

150 mm^{2} chacune, sont disposées dans des cellules.

Les interrupteurs 15 000 et 5 000 v, installés dans la deuxième galerie, sont automatiques, tripolaires, à rupture brusque dans l'huile, à bacs séparés, du type normal de 300 a, capables de couper 100 000 kv-a, déclenchement à maximum différé, commande électrique à distance et commande à main avec dispositif de réenclenchement empêché, ils comportent deux coupures en série par phase, chaque coupure ayant une longueur de 400 mm. Chaque bac peut contenir 120 litres d'huile.

Digitized by Google

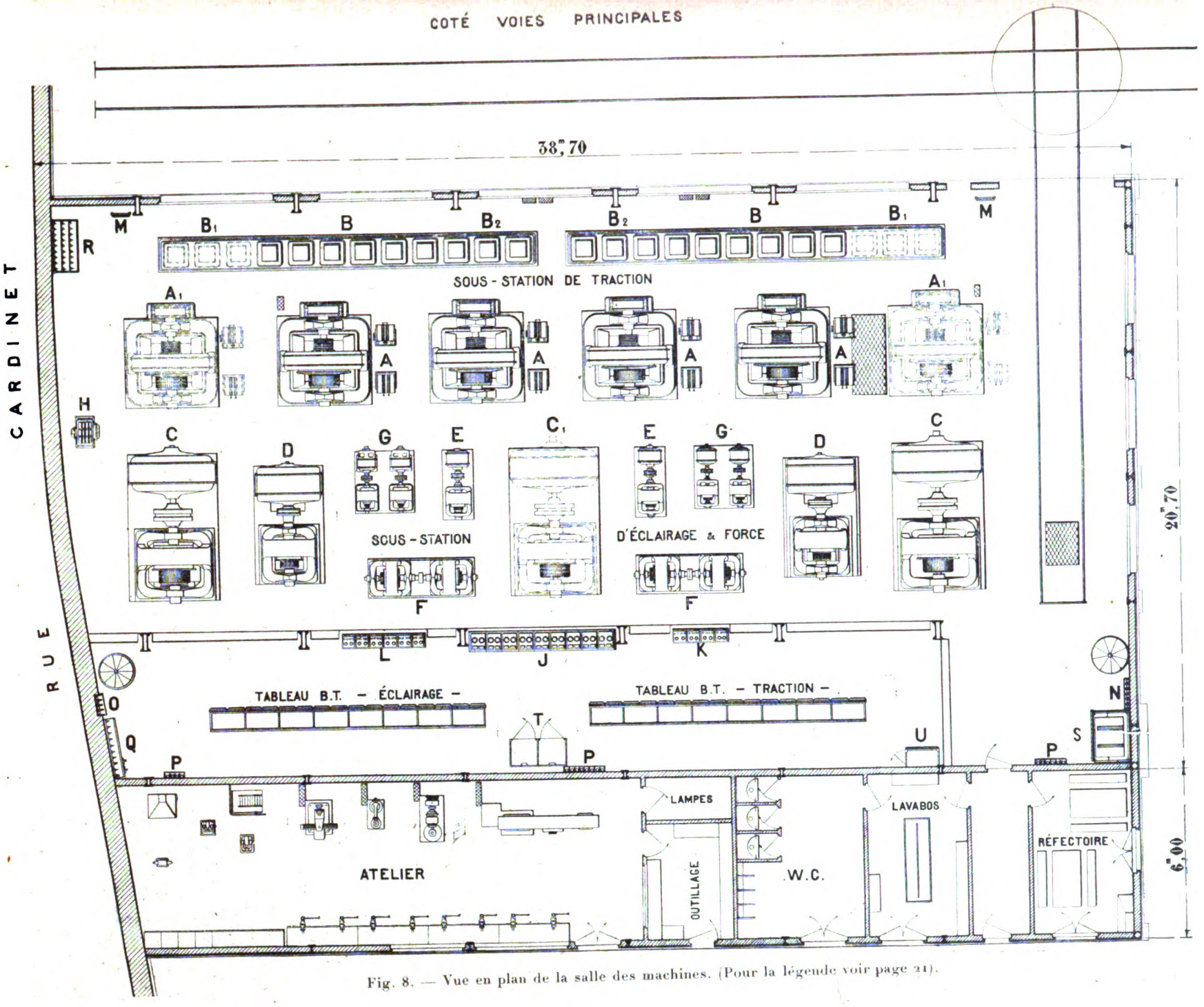


Fig. 8. — Vue en plan de la salle des machines. (Pour la légende voir page 21).

Digitized by Google

La figure 9 montre une vue d'ensemble, côté opposé aux interrupteurs, avec leur mécanisme de commande ainsi que les connexions cellulées qui relient les boîtes d'extrémité à ces appareils.

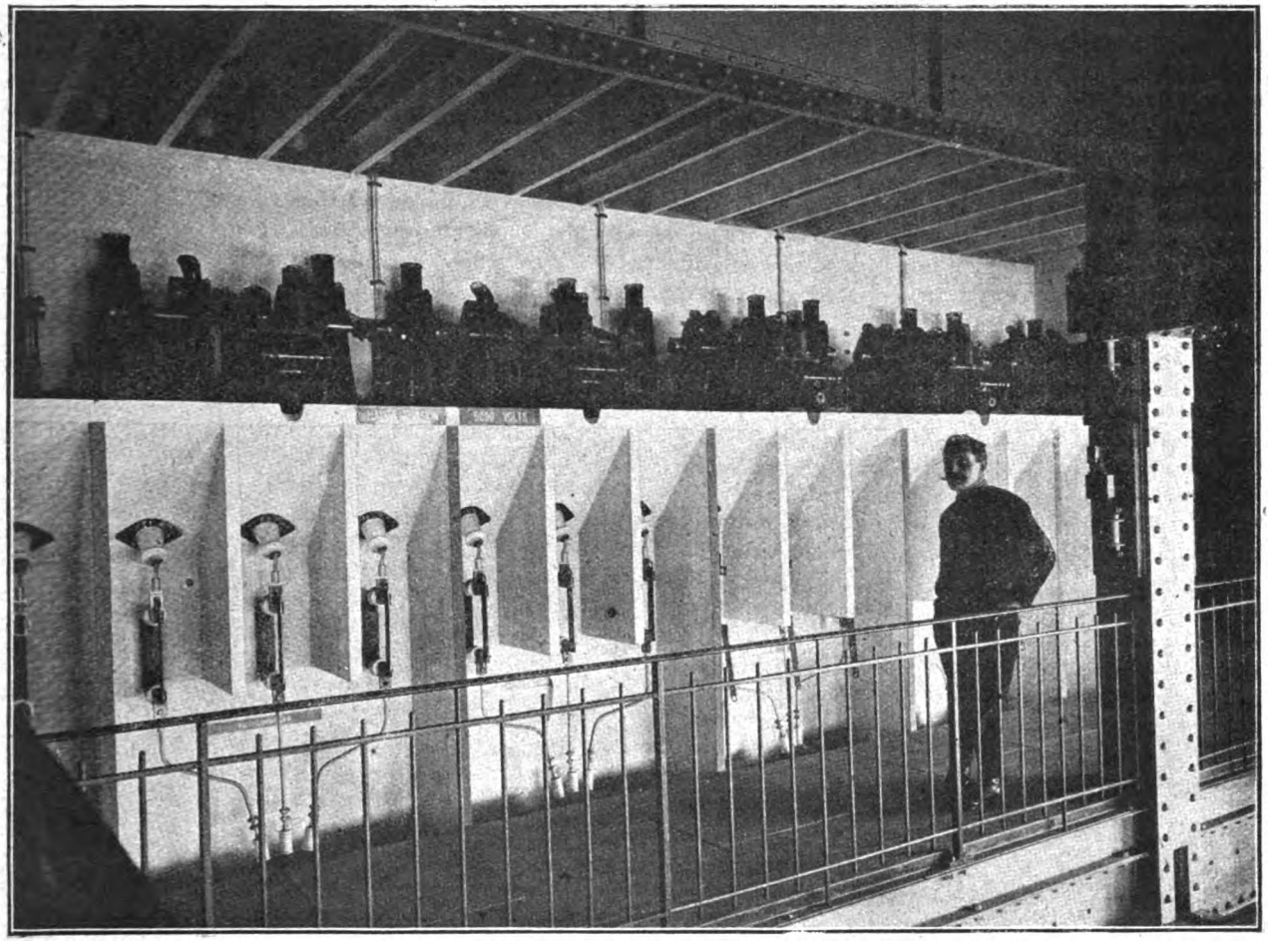


Fig. 9. — Vue d'ensemble, côté opposé aux interrupteurs du poste de sectionnement.

Les boucles de sectionnement, 15 000 et 5 000 v, sont montées dans la troisième galerie et installées au-dessus des interrupteurs. Elles sont disposées horizontalement dans des cellules appropriées et ont chacune une section de 600 mm².

Des sectionneurs unipolaires, disposés entre chaque

Légende de la figure 9, page 20.

A Commutatrice de 1 500 kw et ses 2 pupitres : pupitre de démarrage et pupitre à courant continu.
A1 Commutatrice de 1 500 kw et ses 2 pupitres : pupitre de démarrage et pupitre à courant continu (Extension).
B1 Transformateurs monophasés de 535 kv-a.
B2 Transformateurs monophasés de 535 kv-a (Extension).
B Transformateurs monophasés de déversement de 15 000 v à 5 000 v.
C Groupe convertisseur de 600 kw.
C1 id. (Extension).
D Groupe convertisseur de 300 kw.
E Groupe de démarrage de 30 kw.
F Egalisatrice de 100 kw.
G Groupes survolteurs de 15 kw.
H Groupe de soufflage.
J Pupitre de commande des interrupteurs haute tension du poste de sectionnement.
K Pupitre de commande des disjoncteurs haute tension de la sous-station de traction.
L Pupitre de commande des disjoncteurs haute tension de la sous-station d'éclairage et de force.
M Tableau de commande des groupes de ventilation des transformateurs.
N Arrivée des câbles haute tension (15 000 v).
O id. (5 000 v).
P Câbles haute tension d'alimentation des transformateurs de déversement, des groupes de traction, d'éclairage et de force.
Q Montée des barres d'accumulateurs et des feeders d'alimentation des tableaux de départs.
R Départs des feeders d'éclairage et de force (vers galerie souterraine).
S Monte-charges de 500 kg.
T Cabine téléphonique.
U Tableau local de distribution d'éclairage et de force de la sous-station

Digitized by Google

tranche, permettent facilement d'isoler un câble quelconque selon les circonstances nécessitées par le service.

Entre les boîtes d'extrémité et les boucles sont disposés les appareils usuels : sectionneurs, transformateurs d'intensité pour le déclenchement des interrupteurs, etc.

La commande des interrupteurs du poste de sectionnement est effectuée à distance, au moyen d'un pupitre placé en J (fig. 8) devant les tableaux de la salle des machines. Ce pupitre, entièrement métallique, porte les appareils suivants : boutons de commande des interrupteurs, lampes de signalisation, relais de commande à distance du déclenchement, ampèremètres et, sur colonnette, quatre voltmètres : deux à 15 000 v et deux à 5 000 v. Ces voltmètres sont alimentés par des transformateurs de potentiel, protégés par des fusibles, et disposés dans des aménagements réservés à cet effet dans l'installation des boucles de sectionnement.

Pour protéger l'ensemble du réseau 15 000 et 5 000 v contre les surtensions, on a installé des limiteurs aux usines génératrices aussi bien que dans chaque poste à haute tension.

Ceux de la sous-station du Pont-Cardinet sont constitués par des soupapes, type Giles, fournies par la Société générale des Condensateurs électriques.

Le cellulage de ce poste a été exécuté au moyen de panneaux de 50 mm d'épaisseur, en ciment armé, de fers ronds de 8 mm espacés de 10 cm, préparés à part par planches de formes et de dimensions appropriées, puis assemblés à l'aide d'agrafes réservées à cet effet et enfin jointoyés. Le parement a été simplement constitué par un lait à base de blanc de Meudon.

En vue de parer aux divers incidents toujours à craindre par suite de la présence de l'huile dans les bacs des interrupteurs, les Chemins de fer de l'Etat ont cherché à éviter les conséquences, souvent très graves, auxquelles peut donner lieu l'explosion d'un bac en assurant à l'huile enflammée un refroidissement et un écoulement rapides.

A cet effet, sous les bacs des interrupteurs, tous cellulés, on a disposé des châssis grillagés comportant chacun trois tôles de métal déployé quinconcées. L'huile refroidie est conduite à l'extérieur, dans un puisard, au moyen de rigoles et de gouttières aménagées dans ce but.

De plus, les interrupteurs ont été installés par groupes de deux ou de quatre appareils séparés par des portes battantes d'intercommunication. Les planchers, supérieur et inférieur, sont absolument hermétiques et aucun appel d'air ne peut se produire verticalement ; tous les passages des canalisations se font à travers des porcelaines spéciales.

A suivre.

C. Thomas,
Inspecteur principal au service électrique des Chemins de fer de l'Etat.

La porcelaine électrotechnique[1]

Dans cette étude sont successivement examinées les matières premières entrant dans la composition de la pâte et de la couverte, puis les procédés de fabrication permettant d'obtenir, avec les dimensions et les propriétés isolantes requises, les nombreux objets en porcelaine employés dans l'industrie électrique. La première partie est publiée ci-dessous. Les procédés de fabrication, qui seront illustrés de 19 vues prises dans une des principales usines électrocéramiques françaises, seront publiés ultérieurement.

La porcelaine employée pour les usages électrotechniques fig. 1 et 2 est la porcelaine dure, c'est-à-dire un produit céramique, composé de matières premières minérales extraites directement du sol, transformées par l'action du feu en un minéral nouveau, que l'acier ne peut rayer.

Ces matières premières naturelles sont : des kaolins, des argiles, des pegmatites, des silices, des feldspaths et quelquefois du carbonate de calcium. Elles fournissent les constituants élémentaires : silice, alumine, alcalis, chaux.

L'action du feu, dite cuisson, s'exprime par un degré de température évalué, au moyen des pyromètres Féry, Le Châtelier, etc..., à 1 400° C. environ.

Le résultat de la cuisson sur le mélange des matières ci-dessus désignées est de transformer celles-ci en un minéral, isolant au point de vue électrique, de densité sensiblement égale à 2,25, blanc, sonore, translucide, rayant les aciers les plus durs, imperméable à l'eau, inattaquable à tous les acides, sauf l'acide fluorhydrique, résistant à l'action des alcalis, supportant sans rupture des changements de température brusques de 60° C. pour les grandes pièces et dépassant 100° C. pour les petites

[1] La Chambre syndicale de la porcelaine électrotechnique, émue des trop nombreuses erreurs répandues dans les milieux électriciens français à l'endroit de la porcelaine considérée comme isolant, a demandé à « La Revue électrique » l'hospitalité de ses colonnes pour donner aux professionnels avec lesquels elle est en rapport quelques notions exactes sur les produits qu'elle fabrique.

La « Revue générale de l'Electricité » a bien voulu accepter la publication des notes ci-dessus ; qu'elle en soit remerciée.

Digitized by Google

pièces [1], à cassure toujours conchoïdale, brillante, mais semblant, suivant la composition des pâtes, être grenue ou soyeuse.

Ce produit minéral se présente sous deux aspects cuisant à la même température et ayant les mêmes qualités au point de vue diélectrique : 1° non revêtu de couverte, il est dit biscuit de porcelaine ; 2° revêtu de couverte, il est la porcelaine proprement dite. Sous un troisième aspect : cuit à 900° il s'appelle « dégourdi de porcelaine ».

La couverte est toujours de même composition qualitative que la pâte à l'exclusion absolue de sels de plomb et de borax. Elle est naturellement incolore et, lorsqu'elle est colorée de façons diverses, elle contient des silicates métalliques non conducteurs de l'électricité.

Cette couverte, quoique plus fusible que la pâte, est inattaquable aux acides, ne subit pas d'altération du fait des agents atmosphériques ; de plus, elle ne fendille pas à la surface de la pâte comme le font, au bout d'un temps plus ou moins long, toutes les couvertes de grès ou de faïence.

Cet énoncé des signes extérieurs auxquels on peut

Fig. 1 et 2. — La fabrication des isolateurs : manutention de jupes d'isolateurs à 65 000 v ; scellement des cloches constitutives d'un isolateur.

distinguer la porcelaine ne suffit pas à la faire connaître. Tel est le but des généralités exposées ci-dessous.

I. — MATIÈRES PREMIERES, PATE ET COUVERTE

Matières premières. — Les matières premières de la porcelaine comprennent des kaolins, des argiles, des pegmatites, des feldspaths et quelquefois du carbonate de calcium.

[1] Cette propriété de supporter les changements de température permet de sceller, quand il est nécessaire, la porcelaine au plomb fondu, et d'employer cette matière à la construction des bougies d'automobiles.

Quelques mots sur chacun de ces corps ne seront pas inutiles :

1° Kaolin. — Il paraît que, dès le IIe siècle avant notre ère, les Chinois trouvèrent dans une presqu'île de Corée, nommée Kao-li, ou sur de hautes collines (kao-lings), une substance minérale qu'ils mélangèrent avec d'autres nommées hoa-ché, pé-tun et yéou-ko. Ce mélange, soumis à l'action du feu, leur servait à faire une céramique vitrifiée, plus ou moins translucide, ancêtre de nos porcelaines.

La détermination du phénomène linguistique qui a laissé subsister le mot kao-lin, alors que hoa-ché, pé-tun et yéou-ko sont inconnus du public, sort évi-

Digitized by Google

demment du cadre de ces notes. Est-ce chinoiserie?

Quoi qu'il en soit, le kaolin ne se trouve pas qu'en Chine; dans le monde entier on rencontre des roches éruptives présentant, dans leur composition élémentaire, des proportions variables de quartz (silice), de mica, de feldspath.

Ces roches ont subi, depuis des siècles, les effets des agents atmosphériques et terrestres, entre autres des eaux plus ou moins chargées d'acide carbonique. Sous l'action des changements de température, le granit s'est désagrégé, chacun de ses éléments se libérant du voisin, les eaux ont pénétré le sable ainsi accumulé, les feldspaths se sont clivés à l'infini, ont perdu une partie de leurs alcalis, se sont hydratés, devenant de l'argile; et de la roche dure d'autrefois qui semblait défier le temps, il ne subsiste plus, à sa place même, qu'un agglomérat boueux : le kaolin.

Par son mode de formation même, le kaolin n'est pas un produit constant : les coulées de roches éruptives en voie de kaolinisation ne présentent pas le même degré d'attaque, les roches mères n'ont pas la même composition; il n'est donc pas possible d'assigner une formule chimique au kaolin. Enfin parmi les roches mères, beaucoup présentent des micas ferrugineux qui ne permettraient pas d'employer, à cause de sa couleur, le kaolin en résultant, sans qu'il soit soumis à une lévigation, dénaturant profondément le produit brut, et cette pratique s'étendant à presque tous les produits kaoliniques, il n'existe, commercialement parlant, plus de vrais kaolins. Ceux-ci contenaient du feldspath, des quartz, des micas, de l'argile; la lévigation fait déposer successivement tous ces produits par ordre de densité et de grosseur, de telle sorte qu'il ne reste plus, au bout du traitement, que de l'argile mélangée à des quantités variables de silice et de micas très ténus, ces derniers plutôt nuisibles à cause de la présence du fluor et en proportion d'ailleurs faible.

2° Argiles. — Le kaolin apporte donc de l'argile et de la silice, il n'entre dans la composition des pâtes que parce qu'il contient ces éléments indispensables à toute céramique; mais si le porcelainier les trouve ailleurs suffisamment purs, rien ne s'oppose à ce qu'il n'emploie pas de kaolin. Le kaolin n'est pas en effet la seule source d'argile. Celle-ci est très répandue à la surface de la terre où elle se trouve combinée avec toutes sortes d'impuretés qui la colorent diversement, oxyde de fer pour les argiles jaunes et rouges, glauconie pour les argiles vertes, matières organiques pour les argiles noires, elle est communément désignée sous le nom de terre glaise, elle provient presque toujours de la décomposition des roches éruptives dont les produits, au lieu de s'accumuler sur place, ont été transportés par les eaux de surface ou souterraines, et c'est en cela qu'elle diffère du kaolin, existant toujours à la base ou à la place de la roche mère.

A l'état pur elle répond à la formule chimique $2\,SiO^2\,Al^2\,O^3\,2H^2O$ contenant : silice, 46,30; alumine, 39,50; eau de constitution, 13,95.

Elle n'est employable en porcelaine que lorsqu'elle ne présente pas de traces trop importantes d'oxydes métalliques.

En carrière, les argiles blanches se présentent sous deux aspects physiques différents :

Les argiles proprement dites à bord de cassure opaque; les halloysites à bord de cassure translucide.

Les premières font pâte avec l'eau par délayage direct, les deuxièmes ont besoin d'un broyage préalable.

Le rôle des deux espèces d'argile dans une pâte à porcelaine est de servir d'agglomérant à froid; grâce à leur propriété de faire une pâte avec de l'eau, elles sont plastiques, c'est-à-dire qu'elles prennent et gardent la forme (plasma) qu'on leur imprime : mais un objet en argile pure présenterait plusieurs inconvénients :

1° Il ne pourrait sécher convenablement en raison des fentes qui se produiraient;

2° Il prendrait à la cuisson le retrait naturel à l'argile qui est d'environ 22 pour 100 ce qui ne serait pas avantageux pour le constructeur, obligé de façonner en cru à des dimensions énormes par rapport à celles qu'il obtiendrait au sortir du four;

3° Il faudrait pour le cuire, c'est-à-dire le rendre imperméable, donc isolant, le porter à une température voisine de celle de la fusion de l'argile soit 1 770°, industriellement irréalisable.

Comment éviter ces inconvénients?

Le premier, par l'adjonction de corps neutres au point de vue plastique qui jouent à l'intérieur du mélange le rôle de drains : silice ou feldspath. On dit alors qu'on dégraisse l'argile trop grasse.

Le deuxième, par l'adjonction de corps neutres au point de vue retrait : la silice.

Le troisième, par l'adjonction d'un corps dont la combinaison avec l'argile et la silice donnera un mélange présentant un point de fusion assez bas pour être réalisé industriellement : le feldspath.

Telles sont les causes de l'adjonction aux argiles de silice, de feldspath soit isolés, soit combinés sous formes de pegmatites.

3° Pegmatites. — Les pegmatites forment une classe de roches très répandues dans les terrains cristallins et constituées essentiellement par un mélange de silice, sous forme de quartz et de feldspath. Des minéraux accessoires se trouvent quelquefois mélangés à ces deux éléments principaux, entre autres : les micas et bien souvent aussi les minerais métalliques variés; mais les pegmatites employées en porcelaine et que l'on trouve en abondance en Limousin et dans le Plateau Central sont formées essentiellement des deux seuls éléments : silice et feldspath, en proportions d'ailleurs variables.

L'étude des deux éléments constituants qui sont également employés séparément dans la fabrication des pâtes à porcelaine est nécessaire pour expliquer le rôle des pegmatites.

4° Silice. — La silice est un des corps les plus communément rencontrés dans la nature : sous la forme de grès à Fontainebleau, de rognons de silex dans les bancs de craies, de meulière, de quartz, de cristaux de roches, de calcédoine, d'agate, sans compter ses formes de com-

Digitized by Google

binaisons on la trouve partout ; elle répond au symbole chimique SiO^2.

Toutes ces espèces sont employables pourvu qu'après cuisson elles ne donnent pas un produit coloré. Vis-à-vis du feu, elle gonfle légèrement sous quelques-unes de ses formes, et sous d'autres, prend un retrait très petit. Elle fond à 1 770° environ.

En combinaison simple avec l'argile, elle donne des mélanges dont le plus fusible (15 $SiO^2 + Al^2 O^3$) fond à 1 600° température trop élevée pour être pratiquement réalisable.

L'adjonction des feldspaths va nous permettre d'arriver à la solution du problème.

5° Feldspaths. — Les feldspaths sont les silicates complexes d'alumine, potasse, soude, chaux ; ils se classent en orthose et microcline : feldspaths potassiques, répondant à la même formule 6 SiO^2 $Al^2 O^3$ $K^2 O$ fondant entre 11 800° et 12 000° (E. Dittler) et contenant théoriquement :

Silice	64,7
Alumine	18,5
Potasse	16,8
Total	100,0

en albite : feldspath sodique répondant à la formule : 6 SiO^2 $Al^2 O^3$ $Na^2 O$ fondant en dessous de 1 200° (Day et Coll.) et contenant théoriquement :

Silice	68,6
Alumine	19,6
Soude	11,8
Total	100,0

en oligoclase : feldspath sodo-calcique 9 SiO^2 $Al^2 O^3$ $(CaO . Na^2 O)^2$ fondant à 1 345° (Day et Coll).

D'autres espèces : labrador, anorthite présentent peu d'intérêt pour le céramiste, en raison de leur point de fusion plus élevé. De toutes ces espèces l'orthose et l'albite sont les plus répandues et les plus employées, ils entrent, l'un ou l'autre, le plus souvent l'un et l'autre, dans la composition de toutes les porcelaines sans exception.

Tels sont les principaux éléments avec lesquels le porcelainier combine ses pâtes à porcelaine.

Calcul de la pâte à porcelaine. — Pour mélanger convenablement les éléments ci-dessus le fabricant est d'abord dominé par le souci de faire une pâte travaillable.

L'expérience démontre que 40 pour 100 d'argile théoriquement pure est un minimum en dessous duquel on ne doit pas descendre ; puis le porcelainier voudra que sa pâte cuise, c'est-à-dire que, pour la température que ses fours et le charbon qu'il possède lui permettent d'atteindre, il obtienne un produit présentant les qualités de vitrification recherchées dans la porcelaine. La moyenne d'alcalinité de la plupart des pâtes françaises et étrangères est de 5 pour 100 de teneur K^2O ou de soude ramenée en K^2O ; comme l'orthose pur contient 16,8 pour 100 de K^2O, il faudra introduire 34 pour 100 environ de feldspath théorique ; le complément sera apporté par la silice pure dont on prévoira 26 pour 100.

La formule complète sera donc :

Argile théorique	40
Feldspath	34
Silice	26
Total	100

Une telle pâte n'est évidemment que théorique et jamais réalisée pratiquement. Suivant les besoins ou circonstances de lieux, de méthode, de fabrication, de mode et aussi de connaissance de son métier, le porcelainier fixe sa formule et si les pâtes des différentes usines n'ont pas toutes la même constitution chimique, elles se prêtent cependant aux mêmes usages, et donnent, lorsqu'elles sont convenablement choisies, traitées et bien cuites, des résultats sensiblement égaux.

Suivant la formule adoptée et non pas en raison du degré de broyage ou de cuisson, comme l'opinion en est assez répandue, les pâtes à porcelaine cuites présentent des aspects différents.

Pour un même pouvoir isolant, la cassure d'une pâte silico-alcaline, même surbroyée et surcuite, sera toujours grenue, analogue à celle du sucre raffiné ; celle d'une pâte alumino-alcaline sera toujours soyeuse, analogue à celle du sucre candi.

Pour construire sa formule pratique, le céramiste n'a pas à sa disposition les éléments théoriques ; nous avons vu que les kaolins qu'il trouve dans le commerce contiennent de la silice, des micas, donc des alcalis ; que les feldspaths sont rarement purs, formant avec la silice les pegmatites. Enfin il est quelquefois possible d'introduire dans les pâtes des roches en voie de kaolinisation, présentant à la fois de la silice, du feldspath et de l'argile. L'art du porcelainier consiste alors à combiner ces mélanges complexes suivant leur valeur en éléments simples pour reproduire la formule élémentaire qu'il a adoptée comme la plus appropriée à ses moyens de fabrication et aux besoins de sa clientèle.

En dehors des matières classiques, il peut être intéressant d'introduire dans la pâte de la porcelaine d'autres bases fusibles que les oxydes de métaux alcalins.

La loi des alliages métalliques s'applique, en effet, à la céramique : en multipliant les bases, on abaisse le point de fusion, par conséquent de cuisson, aussi ajoute-t-on dans bien des cas aux pâtes à porcelaine de la chaux et de la magnésie.

Cette adjonction ne peut se faire qu'en proportion d'ailleurs faible, la fusion des silicates alcalino-terreux présentant des particularités dangereuses pour la réussite des produits qui en contiennent de trop fortes quantités.

Calcul de la couverte. — Les éléments qui forment la couverte de la porcelaine couramment appelée « émail » sont les mêmes que ceux qui composent la pâte, mais dosés d'une tout autre manière, de façon à obtenir un corps transparent. L'élément fusible, le feldspath, est en plus grande abondance que dans la

Digitized by Google

pâte. C'est à ce corps, et à ce corps seulement que l'émail de porcelaine doit sa fusibilité à l'exclusion, ainsi qu'il a été dit plus haut, de borax, de plomb, éléments employés dans les couvertes de faïence.

De plus, l'émail de porcelaine, si on le compare aux verres à bouteille habituellement employés dans la fabrication des isolateurs, présente par rapport à ces derniers les caractères d'une « dureté » plus grande. Le tableau ci-contre permet de se rendre compte que les éléments fusibles : potasse, soude et chaux, ne représentent, dans un émail de porcelaine assez couramment employé dans l'industrie de la porcelaine électro-technique, que 10 pour 100 environ du total, alors que, dans trois analyses de verre clair et foncé, les mêmes éléments représentent 32 pour 100 environ. Or, il est un fait bien connu des céramistes et des verriers, c'est que plus un verre renferme d'éléments fusibles, plus il est facile à fondre, c'est-à-dire tendre (par opposition à dur) mais cette facilité de fabrication ne s'acquiert qu'aux dépens de la qualité du produit qui est d'autant plus attaquable aux agents atmosphériques qu'il est plus tendre.

L'examen du tableau révèle aussi que la quantité d'alumine dans l'émail à porcelaine est plus du double de celle du verre le plus alumineux.

	VERRE CLAIR	VERRE FONCÉ		ÉMAIL A PORCELAINE
Silice	64,63	61,80	62,30	80,80
Alumine	1,84	4,56	4,30	10,80
Oxyde de fer	1,05	1,74	2,20	
Chaux	20,60	19,66	18,50	1,68
Magnésie	5,60	5,44	4,80	
Potasse	0,58	0,80	2,50	3,95
Soude	5,70	6,00	5,37	2,86
	100,00	100,00	100,37	100,09

Si, donc, la teneur en alumine est un signe de qualité, la première place appartient sans conteste à l'émail de porcelaine.

A suivre.

LA CHAMBRE SYNDICALE
DE LA PORCELAINE ÉLECTROTECHNIQUE.

Quelques mots sur l'organisation commerciale moderne des entreprises de distribution

L'industrie de la production et de la distribution de l'électricité a pris pendant la guerre un essor considérable par suite de la création de nombreuses usines de munitions. Après la guerre, les entreprises de distribution auront parfois à chercher de nouveaux débouchés pour remédier aux diminutions de consommation résultant de la fermeture de ces usines. Leur organisation commerciale leur permet-elle de les trouver rapidement? L'auteur craint que non et il estime que beaucoup d'entre elles auraient intérêt à modeler leur service commercial sur celui des entreprises américaines. Il expose les grandes lignes de l'organisation de ce service.

Il est incontestable que le développement de l'ensemble des industries électriques et en particulier de celle de production et de distribution d'énergie électrique fut plus lent en France que dans beaucoup d'autres pays.

Les causes en sont multiples et complexes et, entre autres, l'organisation commerciale insuffisante des entreprises de distribution et le manque d'une collaboration étroite, constante et continue de ces entreprises avec les constructeurs électriciens.

Il est certain qu'il a fallu que notre industrie de constructions électriques eût déjà atteint un certain degré de développement pour avoir pu contribuer dans une large mesure à la création des entreprises de distribution, bien qu'il ne convienne pas de négliger la part très importante qui y est due à l'industrie étrangère.

Mais où la coopération des constructeurs et installateurs électriciens paraît bien en défaut, c'est lorsqu'il s'agit de faciliter le recrutement et le développement de la clientèle des stations centrales en mettant à sa portée les installations nouvelles et les appareils sans cesse perfectionnés et en la tenant constamment au courant des nouvelles applications de l'énergie électrique.

Les secteurs eux-mêmes qui ont organisé un recrutement méthodique de la clientèle et emploient dans ce but les moyens modernes dont se sert chaque commerçant avisé pour augmenter son chiffre d'affaires sont loin d'être nombreux.

Le pays qui devrait nous servir d'exemple de ce qu'on peut atteindre par les méthodes commerciales modernes et par le travail coordonné de toutes les industries relatives aux applications de l'énergie électrique c'est l'Amérique du Nord.

Il est certain que les conditions particulières dans lesquelles se trouve ce pays par suite de la rareté et de la cherté de la main-d'œuvre ont été un stimulant puissant pour faire pénétrer l'énergie électrique partout où elle peut remplacer le travail des bras.

Mais il a fallu en outre un immense effort d'organisation, beaucoup d'initiative, une grande ténacité et le concours coordonné de tous les intéressés pour arriver à un résultat aussi remarquable.

Tous ceux qui ont étudié d'un peu plus près l'organisation des entreprises américaines de production et de distribution d'énergie électrique ont été frappés par

Digitized by Google

l'importance que l'on y a donné au service commercial et par les méthodes que celui-ci met en œuvre.

La publicité y est mise largement à contribution sous toutes ses formes. C'est ainsi par exemple que la New-York Edison Illuminating Company, bientôt suivie par les entreprises similaires d'autres villes importantes, fait paraître depuis longtemps à l'usage de ses abonnés un bulletin mensuel bien rédigé et très luxueusement édité, où l'on trouve tout ce qui peut intéresser un consommateur d'énergie électrique.

La spécialisation, cette pierre de touche de chaque organisation bien conçue, y est poussée à l'extrême. Même dans une centrale de moyenne importance, l'agent chargé de la vente de force motrice (power salesman) ne s'occupe que de cela, et si l'installation du client comporte également de l'éclairage, c'est son collègue qui en traitera avec l'intéressé. On compte par dizaines le nombre de ces agents et le chef de service emploie des moyens vraiment ingénieux pour créer entre eux une émulation constante afin d'obtenir le maximum de rendement de chacun d'eux.

De même, les constructeurs de tous appareils récepteurs, qu'il s'agisse d'un fer à friser ou d'un nouveau moteur de plusieurs centaines de chevaux pour la commande d'un laminoir, ne négligent aucun moyen pour signaler aux intéressés son apparition sur le marché et pour en faire connaître toutes les caractéristiques. Les premiers qui en sont le plus minutieusement renseignés, ce sont toujours les dirigeants des stations centrales afin qu'ils puissent à leur tour en prêcher l'emploi à leur clientèle.

C'est grâce à cette coopération bien comprise que l'automobile et le camion électriques ont pris en quelques années une extension vraiment prodigieuse. On compte, à l'heure qu'il est, par dizaines de mille le nombre de ces véhicules en service et les nouveaux débouchés qu'ils ont valus aux stations centrales se chiffrent par plusieurs millions de kilowatts-heure par an.

Pour les appareils à l'usage domestique cette collaboration étroite prend à l'approche de chaque saison un caractère vraiment curieux. Au commencement de l'été il semblerait qu'il n'existe aucun autre appareil que le ventilateur. Tous les abonnés d'un secteur reçoivent une notice leur expliquant tous ses avantages possibles et imaginables, la modicité de son prix, sa faible consommation, la facilité avec laquelle l'on peut le connecter à n'importe quelle douille de lampe, et en outre un véritable petit traité de ventilation à l'usage de tout le monde.

Lorsque l'époque des déménagements n'est pas loin, les secteurs commencent la campagne pour engager les propriétaires à installer l'éclairage électrique dans les maisons qui n'en sont pas encore pourvues. Le service commercial fait paraître dans les journaux locaux des réclames expliquant tous les avantages de la lumière électrique et de toutes les applications domestiques de l'électricité. Chaque propriétaire visé reçoit ensuite une lettre personnelle qui tâche de le convaincre que sa maison pourvue d'une installation électrique sera louée plus rapidement et à meilleur prix. La lettre est bientôt suivie de la visite d'un agent commercial du secteur, capable de dresser de suite sur place un avant-projet de l'installation et un devis estimatif.

Il y a aussi une campagne pour les fers à repasser, les lessiveuses électriques, les appareils de chauffage, les vacuum cleaners, etc.

Ces campagnes sont précédées d'habitude d'une exposition des appareils qui en font l'objet dans le magasin que chaque secteur possède en ville, dans un endroit choisi avec beaucoup de discernement et après une étude presque aussi minutieuse que celle que comporte le choix de l'emplacement d'une usine électrique. On y fait la démonstration de ces appareils en plein fonctionnement.

Ces quelques exemples typiques montrent bien que les directeurs des usines électriques connaissent parfaitement toutes les méthodes commerciales modernes et n'hésitent pas à les appliquer à la vente d'énergie électrique.

Ils se rendent parfaitement compte qu'un petit nombre d'abonnés seulement viennent spontanément au secteur et qu'il faut aller chercher tous les autres chez eux.

Les abonnés existants ne sont pas moins travaillés que les clients qu'on voudrait recruter. C'est ainsi que toutes leurs réclamations, même les plus futiles, sont promptement examinées et jamais laissées sans réponse. Le service des réclamations constitue une partie importante du service commercial, parce que les chefs des stations centrales américaines ont compris depuis longtemps qu'un abonné bien servi et satisfait de son secteur est le meilleur agent de propagande.

Un autre principe commercial que les constructeurs et entrepreneurs électriciens des États-Unis ne perdent jamais de vue: c'est celui de mettre les appareils et les machines et aussi les installations complètes d'éclairage ou de force motrice à la portée de la bourse de leur clientèle. Nous voulons parler de la vente à tempérament. Si dans presque chaque maison où il y a une installation électrique l'on trouve un vacuum cleaner ou une lessiveuse électrique ou si tant de fermes sont outillées électriquement, c'est parce que les constructeurs ou les installateurs entreprenants ont su mettre ces appareils à la portée de la bourse de leurs clients en leur accordant des facilités de paiement.

Il va sans dire qu'ici également le concours des centrales leur est entièrement acquis, soit que celles-ci garantissent la solvabilité de leurs nouveaux abonnés, soit qu'elles prennent une partie des frais des nouvelles installations à leur charge, soit qu'elles opèrent à titre gratuit les encaissements mensuels.

Nous ne prétendons pas que toutes les méthodes et tous les moyens employés aux États-Unis puissent être pratiqués tels quels en France, mais on peut certainement y trouver des indications précieuses et des suggestions utiles.

Il convient de ne pas oublier que l'après-guerre ouvrira un champ presque illimité à l'industrie de pro-

Digitized by Google

duction et de distribution d'énergie électrique. Nous savons tous l'essor que celle-ci a pris depuis les hostilités pour collaborer à la défense nationale. Il faudrait que ce grand pas en avant, dû surtout au développement des usines hydro-électriques auxquelles le gouvernement n'a pas ménagé son concours, nous fût définitivement acquis et servit de stimulant pour l'avenir. Mais il s'agit de ne pas perdre de vue que, d'une part, il n'a fallu aucun effort au point de vue commercial pour vendre de l'énergie électrique aux usines qui travaillent pour la guerre, et que, d'autre part, beaucoup de ces établissements disparaîtront sitôt la paix conclue plus rapidement qu'ils n'ont été créés. Les centrales électriques auront donc des disponibilités importantes et ne pourront les placer que si elles se donnent la peine de moderniser leur service commercial.

Le programme à adopter peut être résumé comme suit :

1° *Recensement et classification de la clientèle.* — Tous les abonnés doivent être groupés par catégories, comportant autant de subdivisions qu'il est nécessaire au point de vue du genre et de l'importance de l'installation. On doit connaître l'utilisation horaire annuelle de chaque client et l'utilisation moyenne du kilowatt installé pour chaque catégorie ainsi que la dépense par kilowatt-an. Une classification par localités est en outre nécessaire lorsqu'il s'agit d'une centrale régionale, et par quartiers lorsque la ville desservie est suffisamment importante.

Les données que cette classification permet de récueillir sont très précieuses pour une étude critique des tarifs en vigueur. En outre, elles sont très utiles et même indispensables lorsqu'il s'agit de renseigner avec quelque exactitude un futur abonné sur l'importance probable de sa consommation et le montant de sa dépense annuelle.

2° *Publicité.* — Il n'y a pas beaucoup d'entreprises de distribution en France suffisamment importantes pour se permettre les frais de rédaction et de publication d'un bulletin mensuel qu'elles adresseraient gratuitement à tous leurs abonnés ainsi que le font les grandes sociétés américaines. Mais le Syndicat des Usines d'électricité pourrait facilement se charger de l'édition de ce bulletin qu'on mettrait à la disposition des secteurs moyennant une rétribution à convenir par abonné et par an (1).

3° *Magasin d'exposition et de vente.* — Chaque secteur devrait s'inspirer de l'exemple de la Compagnie du Gaz de Paris et établir dans la ville qu'il dessert un magasin d'exposition et de vente. De temps à autre on y ferait la démonstration d'appareils électriques à l'usage domestique ou de la petite et moyenne industrie. Ces démonstrations devraient être annoncées à l'avance dans les journaux locaux.

(1) Un essai de ce genre avait été tenté en France peu de temps avant la guerre par « La Lumière Electrique » qui avait édité sous le titre de « l'Electricité » une circulaire mensuelle distribuée dans les réseaux du Blésois, de Bordeaux, de Bayonne... ; la Compagnie Parisienne de Distribution d'Electricité venait également d'y souscrire au moment de la déclaration de guerre, et son tirage dépassait 100 000 exemplaires.

4° *Service des réclamations.* — Nous avons déjà attiré suffisamment l'attention sur l'importance de ce service pour ne pas avoir besoin d'insister davantage. Ajoutons seulement qu'un guichet devrait être réservé au magasin d'exposition et de vente pour toutes les réclamations verbales et que le soin d'y recevoir le public devrait être confié à un agent parfaitement dressé et très au courant de tous les services du secteur.

5° *Recrutement de la clientèle.* — C'est avec beaucoup de méthode et une patience inlassable qu'il faut procéder au recrutement de la clientèle. Avant tout il convient de recueillir le plus de renseignements possibles sur toutes les maisons et établissements susceptibles de devenir abonnés du secteur. Il importe de connaître quel genre d'éclairage ou de force motrice on y emploie et de chiffrer les dépenses y relatives. De même il est utile d'établir grosso modo le coût de la nouvelle installation électrique et d'évaluer la consommation probable d'énergie.

Tous ces renseignements seront transcrits sur des fiches ad hoc en employant des abréviations conventionnelles et les fiches classées convenablement pour faciliter le travail aux agents commerciaux. Une fois les fiches établies, chaque client à faire devra être prévenu par une lettre personnelle de la visite de l'agent du secteur. Le résultat de cette ou de ces visites, car il en faudra souvent plusieurs avant de recruter un nouvel abonné ou d'abandonner définitivement tout espoir, seront succinctement mais clairement consignés sur les fiches afin que l'on puisse se rendre compte à chaque moment de l'état des pourparlers. L'examen de ces fiches, si elles sont bien comprises et bien tenues, permettra au chef de service compétent de se rendre rapidement compte quelles sont les raisons qui ralentissent ou arrêtent le développement de la clientèle. Il pourra ainsi aviser à temps et prendre toutes mesures utiles que comporte la situation.

Il n'est pas douteux que ce recrutement méthodique doit donner des résultats intéressants. Il est certain toutefois que dans beaucoup de cas l'agent commercial se heurtera à une difficulté que ni son don de persuasion ni son habileté ne pourront surmonter. Il prêchera un converti qui n'aura pas les moyens de payer comptant la dépense d'une installation d'éclairage ou de force motrice électrique.

Nous avons vu que les constructeurs et les entrepreneurs américains ont résolu cette difficulté avec le concours des secteurs en accordant des facilités de paiement à tout propriétaire d'immeuble, à tout artisan ou industriel ou même à tout ménage solvable.

Il y a peu de maisons de constructions et d'installations électriques en France qui soient organisées ou possèdent les capitaux nécessaires pour pouvoir accorder de longs crédits à leur clientèle, mais les usines d'électricité elles-mêmes pourraient remédier à cette situation. C'est une question à étudier.

F. BRATMAN.
Ingénieur électricien A. I. M.

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

Coup d'oeil sur l'état de l'industrie électrique française

Dans cette courte note, M. Legouez montre que, contrairement à une opinion trop répandue, la construction électrique française est, non seulement en état d'alimenter le marché national, mais encore de fournir l'étranger. Les statistiques indiquent, en effet, d'une part, que les importations allemandes en France décroissaient régulièrement depuis quelques années et étaient notablement inférieures aux importations de même source dans la plupart des autres pays, d'autre part, que la France est exportatrice pour cinq des dix catégories dans lesquelles les statistiques douanières répartissent le matériel électrique.

« Avant tout, il faut que les industriels renoncent à combattre isolément. Il ne suffit pas d'être forts, il faut encore être unis et cela est aussi vrai dans la lutte économique que dans les batailles à main armée. Que la devise de la vaillante nation belge devienne donc celle de nos industriels. » (1)

Dans une étude sur l'organisation de l'industrie après la guerre, nous avons nous-même (2) insisté sur la nécessité et l'urgence de l'union sous toutes ses formes; l'union librement consentie constitue en effet la meilleure adaptation à notre caractère national de la centralisation et de la coordination des efforts individuels, qui ont été une des causes principales du rapide développement des industries américaine et allemande.

Le président du Comité de rédaction de la « Revue générale de l'Électricité » a également inscrit ce principe d'union en tête du programme de celle-ci et cité avec à-propos la leçon de notre grand fabuliste La Fontaine. Il a eu bien raison de le faire, car la création de la Revue sous le patronage de l'Union des Syndicats de l'Électricité, avec le concours des représentants de toutes les branches de l'industrie électrique française, constructeurs, usines de distribution, électrochimie, électrométallurgie, est le premier fruit de l'esprit d'union qui les anime tous. En s'attachant tout d'abord à cette œuvre, dont l'importance primordiale ne pouvait leur échapper, ils ont poursuivi un double but; ils ont entendu, d'une part, faire bénéficier leurs administrateurs et leurs ingénieurs d'une documentation très complète et puisée aux meilleures sources, offrir une tribune aux hommes de science et aux inventeurs pour qu'ils puissent propager et défendre leurs idées, que les fabricants ont un intérêt majeur à connaître et à mettre en pratique, sans attendre que leurs concurrents étrangers s'en soient emparés; mais ils ont voulu, d'autre part, se procurer le moyen de faire connaître ce dont est capable l'industrie électrique française et ce qu'elle a réalisé de plus remarquable.

(1) *Le Parlement et l'Opinion*, décembre 1916.
(2) *La Revue électrique*, 3 décembre 1915, t. XXIV, p. 345-349.

Avant d'aborder ce programme, il ne sera pas inutile de jeter un coup d'œil rétrospectif sur les résultats des efforts poursuivis depuis un quart de siècle. Le développement de notre industrie, l'excellence et la variété de ses produits, sa puissance de production, son rôle sur notre marché intérieur et sur les marchés extérieurs sont généralement peu connus, pour ne pas dire méconnus.

Dans un travail publié en 1911, en collaboration avec M. Eschwege, nous avions évalué le capital engagé dans l'industrie électrique française à 1 600 millions; ce chiffre est largement dépassé et, quoiqu'il soit bien difficile, surtout en ce moment, de faire une estimation exacte, tout porte à croire que le total est compris entre 2 et 3 milliards. A cet important effort financier, ont correspondu des résultats très intéressants, de véritables succès, dont nos concurrents étrangers ont dû faire l'aveu.

Depuis quelques années, les journaux spéciaux allemands signalent que le chiffre des importations de matériel électrique en France reste tout au plus stationnaire, alors que les besoins augmentent rapidement du fait du développement des usines de distribution et de l'emploi de plus en plus répandu dans les usines de l'énergie électrique comme source de force motrice. Les constructeurs allemands pouvaient cependant, grâce à la clause de la nation la plus favorisée inscrite dans le traité de Francfort, profiter des tarifs de faveur consentis à la Suisse, tarifs si bas qu'il en coûte souvent moins cher d'introduire une machine finie que de payer les droits sur les différentes matières entrant dans sa composition. Il semblerait que, dans ces conditions, la lutte fût impossible; les constructeurs français n'ont pas hésité à faire les sacrifices nécessaires pour la soutenir et ils y ont réussi, puisque leurs concurrents n'ont pu augmenter leurs importations. Si l'on relève, dans la statistique publiée par le journal allemand « Elektrotechnische Zeitschrift », le montant des ventes faites dans tous les pays qui ont absorbé plus de 1 pour 100 des exportations, on peut établir le classement comme suit.

Digitized by Google

	Exportations en 1913.	
	Milliers de marks.	Pourcentage.
1. Grande-Bretagne et Dominions	36 178	10.96
2. Hollande	34 427	10.43
3. République Argentine	26 762	8.11
4. Belgique	24 824	7.53
5. Russie	19 997	6.06
6. Norvège	18 937	5.74
7. Japon	15 464	4.68
8. Autriche	15 123	4.58
9. Italie	14 451	4.38
10. Suède	13 467	4.08
11. Espagne	12 427	3.76
12. Suisse	12 335	3.74
13. France	**9 977**	**3,02**
14. Brésil	8 625	2,61
15. Danemark	6 857	2.08
16. Chili	6 189	1.91
17. Roumanie	3 967	1.20

La France n'arrivait donc, en 1913, qu'au treizième rang, après la Suisse où il existe cependant des maisons de construction de matériel électrique de premier ordre; en 1912, les importations en France occupaient le douzième rang et étaient plus fortes que les importations en Suisse. Cette amélioration se poursuit d'une manière continue; car si l'on remonte à 1910, la France se trouvait au dixième rang. On est donc en droit de dire que l'influence de l'industrie électrique allemande dans notre pays va en déclinant et représente chaque année une portion plus faible des besoins sans cesse croissants du marché français.

Si l'on ne se borne plus à l'étude du commerce avec l'Allemagne et que l'on envisage le commerce total de la France, on constate qu'en 1913, dernière année normale, la valeur du matériel électrique importé en France est sensiblement égale à celle du matériel de même nature exporté par nos constructeurs. Mais, dans une industrie qui embrasse un champ aussi vaste et comporte des produits manufacturés aussi différents les uns des autres, la comparaison globale des importations et des exportations ne donne qu'une vue d'ensemble et il est indispensable d'entrer dans quelques détails. Cet examen permet de diviser les produits en dix catégories, dont cinq donnent lieu à un excédent d'exportation et cinq à un excédent d'importation :

PRODUITS DONNANT LIEU A

un excédent d'exportation.	*un excédent d'importation.*
Fils et câbles isolés.	Machines et transformateurs.
Charbons pour l'électricité.	Appareils électriques.
Accumulateurs.	Lampes à incandescence.
Isolateurs en verre.	Appareils scientifiques et de mesure.
Lampes à arc.	Porcelaine électrotechnique.

La situation actuelle et l'avenir de chacune de ces branches de l'industrie électrique fera l'objet ultérieurement d'une étude attentive et d'articles spéciaux : mais il est possible de dégager, dès à présent, des renseignements connus quelques premières conclusions.

Fils et câbles isolés. — L'excédent des exportations sur les importations est en moyenne supérieur à 2 millions de francs. La main-d'œuvre n'entre que pour une très faible part dans le prix de revient et le prix des matières premières, cuivre, plomb, caoutchouc, est fixé par un marché international. Le succès dépend donc uniquement de l'outillage. Il existe en France plusieurs usines dont l'installation moderne permet d'assurer un important développement de la production et de l'exportation.

Charbons pour l'électricité. — Sous cette rubrique sont comprises de grosses pièces comme les électrodes employées dans les fours électriques, les charbons de lampes à arc, les balais de dynamos et les pièces fines employées en téléphonie. L'industrie des charbons pour l'électricité est très prospère en France.

Accumulateurs. — Les accumulateurs ont un poids considérable pour leur valeur, ce qui constitue pour le trafic international un obstacle d'autant plus gros que ces pièces si lourdes sont en même temps fragiles.

Isolateurs en verre. — L'industrie des isolateurs en verre, si employés aujourd'hui en télégraphie, est une industrie essentiellement française. La valeur des exportations s'accroissait rapidement.

Lampes à arc. — La supériorité de la fabrication française avait permis à nos fabricants de prendre une place importante sur les marchés étrangers. Malheureusement, ce mode d'éclairage perd chaque jour du terrain.

Machines et transformateurs. — C'est sur cette catégorie que les importations, que se partageaient l'Allemagne et la Suisse, atteignaient le plus gros chiffre; l'excédent des importations se maintenait aux environs de 5 millions. Il faut cependant mettre à part le matériel de traction, pour lequel la France se suffisait à elle-même. La supériorité de notre matériel a été démontrée lors du concours ouvert par la Compagnie des chemins de fer du Midi pour la fourniture de puissantes locomotives électriques à courant monophasé. L'Allemagne, la France et la Suisse étaient représentées par leurs meilleurs constructeurs. Seules les locomotives françaises ont pu satisfaire complètement à la série des essais très durs qui étaient imposés aux concurrents.

Après la guerre, la fabrication des machines électriques, comme toute l'industrie mécanique, bénéficiera de l'outillage moderne et perfectionné qui a été installé dans toutes les usines pour la fabrication du matériel de guerre. Nos fabricants ont, en outre, appris à connaître les avantages énormes qui résultent du travail en série d'un très grand nombre de pièces identiques; cette expérience les a conduits à unir leurs efforts pour aboutir à la création de machines courantes « standardisées ». L'incohérence des droits de douane qui avait pour effet de relever le prix des matières premières et des produits semi-ouvrés, sans accorder une protection équivalente aux machines finies, sera certainement corrigée, ce qui leur permettra de lutter à armes égales sur le marché intérieur. La production augmentant, le prix de revient s'abaissera et les exportations deviendront plus nombreuses et plus avantageuses.

Digitized by Google

Appareils électriques — Pour cette catégorie de produits la situation s'améliorait d'année en année. En 1910, les exportations n'atteignaient pas la moitié des importations ; en 1913, la proportion était de 82 pour 100. Le progrès est trop rapide pour que l'on puisse douter de l'avenir.

Lampes à incandescence. — La nécessité nous a contraints pendant la guerre à développer la fabrication, non seulement des lampes finies, mais aussi des douilles trop souvent usinées à l'étranger et des ampoules en verre que l'on avait l'habitude de prendre en Bohème. Aujourd'hui, la fabrication française est admirablement outillée et son avenir assuré.

Appareils scientifiques et de mesure. — La construction française, par sa précision et le fini de son exécution, défie toute concurrence ; toute la question se réduisait à une augmentation de la production et à un abaissement du prix de revient par la spécialisation des ateliers et la standardisation des types. Là encore les fabricants ont résolu d'unir et de concerter leurs efforts, petite révolution qui sera grosse de conséquences.

Porcelaine électrotechnique. — L'unique motif qui nous obligeait à acheter environ 5 000 quintaux en Allemagne était l'insuffisance de production de nos usines. Cette insuffisance a été réparée ; les usines largement agrandies, dotées d'un outillage neuf, munies de bancs d'essais à très haute tension, fourniront de plus en plus des pièces irréprochables et d'importateurs nous sommes certains de devenir exportateurs.

On pourra reprocher à cette revue forcément trop rapide un excès d'optimisme et un parti pris de louer l'industrie électrique française ; il n'est cependant pas une des affirmations contenues dans cette courte note, qu'il ne soit facile d'appuyer par des preuves certaines. Mais, pour cela, il faudra consacrer à chaque nature de produits un article spécial ; c'est ce que nous ferons ultérieurement.

Il résulte en tout cas, sans contestation possible, de cette étude que l'industrie électrique française soutenait dans ces dernières années vaillamment la lutte contre ses concurrentes étrangères, qu'elle avait réussi à enrayer les importations et à les maintenir à un chiffre dont la valeur relative par rapport à la consommation, sinon la valeur absolue, diminuait d'année en année, qu'enfin pour un grand nombre de produits elle était déjà nettement exportatrice.

R. Legouez,

Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Administrateur des Ateliers de Constructions électriques du Nord et de l'Est.

Assemblées générales

Compagnie Générale d'Électricité

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 20 DÉCEMBRE 1916

Le vaste ensemble d'entreprises que représente la Compagnie générale d'Électricité a obtenu au cours de cet exercice des résultats plus favorables que ceux du précédent, les mois d'août à octobre 1914 ayant marqué pour elle le maximum de la crise qui a suivi l'ouverture des hostilités ; car, ainsi que l'a fait remarquer M. Azaria dans son allocution à l'Assemblée des actionnaires, la situation qui s'était présentée en temps de paix dans les périodes de crise qu'a traversées la Compagnie et où ses établissements industriels étaient particulièrement touchés tandis que ses centrales étaient indemnes, s'est aujourd'hui complètement retournée, l'activité intense des usines de fabrications ayant compensé en partie les pertes importantes de ses entreprises de distribution d'énergie électrique.

La Compagnie Générale d'Electricité a, en effet, ressenti d'une façon particulièrement dure les difficultés extraordinaires et croissantes auxquelles se heurtent pour l'approvisionnement du charbon les affaires de distribution, puisque tous ses grands réseaux de France sont alimentés presque exclusivement par des stations centrales thermiques. L'intervention des pouvoirs publics n'a pas toujours suffi à mettre à sa disposition le combustible nécessaire à la marche de ses usines. Fort heureusement la Compagnie d'Electricité de Marseille et l'Energie électrique de Catalogne qui utilise de puissantes forces hydrauliques, ont été relativement indemnes. Les bénéfices de l'exercice 1915-1916 se sont présentés, pour Marseille, en plus-value de 223 000 fr. environ sur l'année précédente, laquelle présentait un déficit de 151 000 fr sur 1913-1914. Quant à l'Energie électrique de Catalogne qui s'est normalement développée au cours de cette deuxième année d'exploitation, elle a également souffert de la cherté du combustible, pour la partie du courant produit dans la station thermique de San Adrian, bien que la majeure partie de l'énergie qu'elle fournit provienne de son usine génératrice hydro-électrique de Capdella.

En ce qui concerne les établissements industriels de la Compagnie leur activité n'a pas cessé de s'accroître ; nous n'insisterons pas sur le gros effort qu'a fait la Compagnie à Bordeaux, en collaboration avec les Tréfileries et Laminoirs du Havre. Elle a aussi créé la Société « Le forgeage et le Tréfilage d'obus de Courbevoie », établissement considérable spécialement affecté à la fabrication des munitions et qui a atteint son rendement normal au bout d'une année seulement.

L'ensemble des entreprises de la Compagnie Générale d'Electricité présente pour cet exercice un bénéfice net de 3 492 277.90 fr en augmentation de 376 553.52 fr sur ceux de l'année précédente, et un déficit de 220 000 fr par rapport à 1913-1914.

Dans ces conditions, il a été possible de relever le dividende à 50 fr par action, chiffre déjà atteint pour le dernier

Digitized by Google

exercice précédant la guerre; après affectation d'une somme de 585 500 fr à la réserve générale, le reliquat de l'exercice 1915-1916 en y joignant celui de l'exercice précédent, s'élève à 1 081 838 fr.

M. Azaria a annoncé à l'Assemblée qu'une augmentation de capital de 40 pour 100 portant le capital-action de 25 à 35 millions de francs serait vraisemblablement réalisée en janvier 1917, de même qu'une émission d'obligations amenant le total de celles-ci à 25 millions également. Les actions seraient émises, sous réserve de l'approbation du ministre des Finances, au taux de 650 fr, soit avec une prime de 150 fr par titre.

La Compagnie Générale d'Electricité aura ainsi à sa disposition une somme importante qui lui permettra de développer encore plus activement ses fabrications de guerre, et de transformer ultérieurement le matériel acquis dans ce but, en vue de reprendre après la paix la place très importante à laquelle elle a droit dans l'industrie mondiale des constructions électriques. Examinant en effet les dangers qui pourraient résulter aussitôt après la cessation des hostilités de la crise consécutive à la réorganisation des usines et à leur réadaptation aux fabrications de paix, M. Azaria en voit une solution dans une entente équitable et cordiale entre patrons et ouvriers. Après avoir rappelé le prodigieux relèvement de la France après le désastre de 1870, sa conclusion à laquelle nous nous associons pleinement est que les qualités du peuple français : le courage, le travail, l'économie, le désignent pour être un de ceux dont le relèvement sera le plus rapide.

BILAN AU 30 JUIN 1916.

Actif.

	fr
I. Immobilisations :	
Terrains, immeubles, constructions et matériel, concessions et clientèle	18 158 304,30
Aliénation d'un terrain à Ivry	297 000 »
II. Actif réalisable :	
Caisse et banquiers	715 589,72
Effets à recevoir	1 329 025,56
Débiteurs divers	49 848 398,96
Comptes courants des filiales et participations	32 050 770,92
Produits fabriqués	1 069 503,55
Matières premières, produits en cours de fabrication et approvisionnements divers	18 049 301,52
Titres et participations	43 380 497,95
III. Comptes divers :	
Apports	1 »
Brevets et licences	1 »
Frais de constitution	1 »
Prime de remboursement et frais d'émission des 60 000 obligations émises	1 »
	157 104 387,98

Passif.

	fr
I. Engagements sociaux :	
Capital actions	25 000 000 »
Réserve légale	2 500 000 »
Réserve générale	6 497 500 »
Réserve supplémentaire	16 850 000 »
Fonds spécial	4 000 000 »
II. Engagements envers les tiers :	
Obligations (1re, 2e et 3e séries)	29 917 000 »
Effets à payer, créditeurs divers, provisions et comptes d'ordre	64 592 153,72
Coupons à payer, obligations à rembourser, tantièmes	4 834 567,77
Comptes courants des filiales et participations	5 400 359,41
III. Profits et Pertes :	
Bénéfices nets de l'exercice 1915-1916	3 491 277,90
Reliquat de l'exercice précédent	891 409,38
	157 104 387,98

Est-Lumière

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 30 DÉCEMBRE 1916.

L'assemblée générale ordinaire des actionnaires de cette Société s'est tenue le 30 décembre, sous la présidence de M. Meyer, assisté de MM. Bottiaux et Huard, scrutateurs, et de M. Javal, directeur, en qualité de secrétaire. 27 981 actions étaient présentes ou représentées.

La prolongation de l'état de guerre a pesé lourdement sur les résultats de l'exercice, elle s'est traduite par de grosses difficultés d'exploitation et par une aggravation considérable des charges financières. Les hauts cours du charbon ont occasionné des dépenses supplémentaires très élevées dont une partie seulement a été compensée par des majorations du prix du courant fourni aux industriels. Une demande de relèvement temporaire des tarifs maxima actuellement en vigueur a été en outre introduite auprès des communes.

Les recettes d'exploitation se sont élevées à 7 millions 103 209 fr contre 5 566 567 fr; les dépenses ont atteint 6 831 724 fr contre 3 386 565 fr. Le bénéfice d'exploitation ressort à 271 484 fr en diminution de 908 616 fr sur l'an dernier.

Les charges obligataires s'élevant à 990 457 fr, le solde débiteur du compte de profits et pertes ressort à 630 601 fr que le Conseil propose d'amortir par un prélèvement égal sur la réserve spéciale.

A l'unanimité, l'assemblée adopte cette proposition ainsi que le bilan et les comptes de l'exercice 1915-1916, nomme administrateur MM. Cahen, Meyer et Berthon et désigne MM. Alexandre et Ardouin en qualité de commissaires des comptes.

Nous reviendrons plus en détail dans un prochain numéro sur le compte rendu de l'assemblée générale de cette Société dont nous donnerons le bilan détaillé.

Digitized by Google

SECTION DE LÉGISLATION

1906-1916. Dix ans d'application de la loi sur les distributions d'énergie électrique

La loi du 15 juin 1906 sur les distributions d'énergie électrique, accompagnée des nombreux décrets et des circulaires qui l'ont suivie, forme en France la charte sur laquelle s'appuient tous les concessionnaires de distribution d'énergie. Dix ans d'application de cette loi constituent un intervalle suffisant pour en faire une étude rétrospective d'autant plus intéressante que certaines conceptions relatives aux trois systèmes d'occupation du domaine public, très en faveur à l'origine, ont été modifiées par l'expérience des dernières années.

I. — Avant la loi de 1906, deux textes d'allure très timide avaient été promulgués : le décret du 15 mai 1888 et la loi du 25 juin 1895.

1888 ! comme cela paraît loin ; et cependant c'était au lendemain des premières expériences qu'un ingénieur avait faites pour essayer un transport à *grande* distance, en réunissant par un fil de 17 km les grandes Halles centrales de Grenoble à une chute minuscule qui, prise sur le canal d'arrosage dit de la Romanche, à Vizille (Isère), produisait le courant transporté.

A cette époque reculée, le courant électrique était considéré non pas comme une chose à encourager, mais surtout comme une innovation dont il fallait protéger le voisinage ; les conditions de sécurité ont seules été envisagées ; et l'on peut lire, dans le décret de 1888, cette phrase de forme archaïque : « Sont exemptées de la déclaration préalable les installations faites à l'intérieur d'une même propriété lorsque la force électromotrice des générateurs ne dépasse pas 60 v pour les courants alternatifs et 600 v pour les courants non alternatifs. »

Toutefois, il faut rendre hommage à l'idée très nette que le ministre d'alors, M. Peytral, sut avoir de l'industrie naissante ; dans son rapport présenté au Président de la République, pour lui demander de signer le décret, il s'exprime de la façon suivante ; après avoir indiqué avec quelle faveur le public avait examiné, au Palais de l'Industrie, en 1881, pendant l'Exposition d'électricité, les nouvelles lampes électriques, il faisait prévoir que la véritable utilité de l'électricité serait le transport de force : « Sur de nombreux points de notre territoire, disait-il, notamment dans les pays de montagne, il existe des chutes d'eau constituant des sources gratuites d'énergie mécanique qui restent inutilisées parce qu'il n'est possible ni d'installer des usines dans leur voisinage immédiat, ni de transmettre leur puissance par les moyens ordinaires à une distance suffisante. L'emploi de l'électricité *permettrait* de mettre à profit une grande partie de cette force aujourd'hui perdue ; il *suffirait* d'installer sur la chute d'eau un moteur hydraulique actionnant une machine dynamo-électrique ; le courant produit *serait* amené par des fils conducteurs à une usine plus ou moins éloignée et y *mettrait* en mouvement une seconde machine dont l'arbre développerait l'effort nécessaire au fonctionnement des outils. Cette solution, si simple en principe, ne laisse pas de présenter en pratique des difficultés qu'il est nécessaire de résoudre pour qu'une telle entreprise soit rémunératrice. Des expériences mémorables ont déjà été faites récemment dans cet ordre d'idées, et il est permis de penser que, dans un avenir assez proche, il nous sera donné de voir s'ouvrir la phase des applications. »

En 1895, le décret fut converti en une loi ; en réalité, ce fut plutôt un changement d'étiquette qu'une révolution dans la législation ; la loi paraît se préoccuper fort peu de l'implantation des conducteurs sur les routes et les chemins publics, ni des avantages que les autorités chargées de donner des permissions de voirie pourraient tirer en rémunération des autorisations octroyées. C'est seulement le courant qui est envisagé, la distance des conducteurs par rapport aux lignes télégraphiques ou téléphoniques, les déclarations préalables à toutes les traversées des routes, et enfin l'application en matière de contravention des pénalités portées à l'article 2 du décret-loi du 27 décembre 1851, contre toute personne qui aurait été l'auteur d'une perturbation des services publics des télégraphes ou des téléphones.

Mais, quand les fils aériens couvrirent toutes nos routes, lorsque les distances de 100 km et plus furent franchies, quand les municipalités les plus routinières voulurent imiter les petits villages de Beaurepaire (Isère) et de Claix (Isère) qui avaient installé la lumière électrique en 1886, le législateur se préoccupa non plus seulement du courant et de ses effets, mais, au point de vue de la voirie et des grands services municipaux, du régime nouveau à imposer aux distributions. C'est de cette idée qu'est née la loi du 15 juin 1906 qui, contrairement aux textes antérieurs, vise très peu les

Digitized by Google

conditions de sécurité que les constructeurs doivent adopter, et les renvoie à un arrêté technique qu'elle charge le ministre des Travaux publics de faire ou de modifier toutes les fois que cela lui paraîtrait nécessaire.

Cette loi fut d'un enfantement laborieux. Le 20 avril 1894, le ministre des Travaux publics prenait un arrêté pour instituer une commission spéciale présidée par M. Armand Rousseau, conseiller d'État, et chargée d'étudier les bases d'un projet de loi. Ce projet fut déposé sur le bureau de la Chambre et fit l'objet d'un rapport de M. Guillain qui ne put parvenir à le faire mettre à l'ordre du jour. Pendant la législature 1898-1902, M. Guillain, étant devenu ministre, les fonctions de rapporteur furent données à M. Berthelot qui déposa son rapport le 26 juin 1899, et un rapport supplémentaire, le 4 juillet 1900, contenant une légère modification au projet initial, pour donner satisfaction à l'administration des Postes et Télégraphes.

Le projet de loi a été soumis le 10 juillet 1900 à une discussion qui, en réalité, n'a produit aucune idée neuve, mais les quelques objections qui s'y firent jour n'eurent qu'un résultat : celui de faire renvoyer à la commission le texte proposé.

Une nouvelle commission, ayant pour président M. Léon Janet, député, fut instituée, et le texte définitif, qui est devenu la loi, est indiqué dans un rapport déposé le 13 juillet 1905. Il figure à l'« Officiel » comme annexe à la deuxième séance du 13 juillet 1905.

La discussion publique a eu lieu à la Chambre des députés, sous forme de lecture, et avec une seule adjonction en ce qui concerne la conservation des beaux sites, à la date du 27 février 1906; enfin le texte parut à la date du 15 juin 1906; c'est celui qui, aujourd'hui, est encore en vigueur.

II — Le grand principe de la loi sur les distributions d'énergie peut se résumer de la façon suivante.

La distribution peut légalement se faire sous *trois* régimes : cela veut dire, non seulement qu'une distribution peut adopter l'un ou l'autre de ces trois modes, mais que toute distribution peut, dans certains tronçons, être soumise à l'un d'eux, et, dans des tronçons voisins, être régie par un autre régime : on peut concevoir des lignes conductrices du courant sortant de l'usine et parcourant les premières routes au moyen de simples autorisations, (c'est généralement ce qui se fait), pénétrer dans une ville et s'épanouir sous forme d'un réseau très important : le régime alors devient ordinairement celui de la concession temporaire qui permet à la Municipalité d'obtenir par contrat certains avantages, (prix maximum, retour gratuit en fin de concession, prix de faveur pour certains services particulièrement intéressants, etc.)

Enfin, si des obstacles insurmontables se dressent devant l'industriel, par exemple des exagérations irréductibles de certains propriétaires qui ne veulent, à aucun prix, consentir des droits de passage indispensables au fil, le gouvernement peut intervenir pour accorder le décret d'utilité publique, qui brise les exigences et les résout par une indemnité à donner.

Le régime de *l'autorisation* est étudié par les premiers titres de la loi. Étant habitués aujourd'hui à l'application constante des règles qui ont été édictées, nous perdons de vue l'utilité du texte qui, à son apparition, a été, à très juste titre, accueilli par les électriciens comme un libérateur des exigences de certaines communes. Ainsi, par exemple, nous savons aujourd'hui que sur les chemins publics, l'autorisation ne peut être une cause d'enrichissement éhonté de la commune : celle-ci ne peut réclamer comme redevance que le montant prévu par des tarifs contenus dans les décrets présidentiels.

Ceux qui ont vécu les années précédant immédiatement l'année 1905 se rappellent peut-être, comme celui qui écrit ces lignes, les demandes insensées formulées par les communes exigeant, en l'absence de tout tarif, des sommes considérables.

Ces autorisations ne sont pas limitées dans la durée, et de plus, elles sont précaires et révocables : la jurisprudence, sous l'empire de la loi, a continué à appliquer les mêmes règles qu'avant son apparition : la précarité et la révocabilité des autorisations signifient seulement que si la conservation du domaine public l'exige, les autorités qui ont donné les autorisations peuvent les retirer sans être tenues de verser des dommages-intérêts. Au contraire, tout retrait d'autorisation qui serait basé sur un autre motif, c'est-à-dire sur l'intérêt pécuniaire de la commune ou sur le désir de favoriser un concurrent, serait annulé par le Conseil d'État : et celui-ci a souvent fait l'application de cette jurisprudence. Si l'on nous demandait d'en citer un exemple vraiment topique, nous indiquerions l'arrêt Meurdrac contre la commune des Andelys, du 14 janvier 1910, qui est intervenu dans les circonstances suivantes : la ville des Andelys avait eu un procès retentissant contre la Compagnie du gaz pour avoir, contrairement au privilège garanti, donné une autorisation concurrente à l'électricien Meurdrac pour distribuer la lumière électrique. La ville avait été condamnée à une indemnité annuelle en réparation du tort qu'elle avait causé : c'est pourquoi, l'électricien avait pris immédiatement le parti de régler à la Compagnie du gaz, au nom de la commune, l'indemnité à laquelle celle-ci avait été condamnée, c'était pour lui le moyen, peut-être unique, mais assurément très juridique, de conserver ses installations. Un peu plus tard, la municipalité, se réconciliant avec le gazier, et voulant lui donner une concession d'éclairage électrique, s'empressa, pour lui laisser le champ complètement libre, de retirer à Meurdrac le bénéfice de ses autorisations : on voyait nettement l'idée de la municipalité consistant, non pas à sauvegarder son domaine, mais à se procurer, au préjudice de Meurdrac, un traité meilleur pour ses finances : le retrait a été purement et simplement annulé par le Conseil d'État.

Cet exemple nous a paru nécessaire pour caractériser nettement ce que l'on appelle quelquefois ironiquement *la permanence des autorisations précaires*, mais il ne faut point oublier que, dans bien des cas, lorsque le Conseil d'État voit le domaine public intéressé directement

Digitized by Google

à l'arrêté de retrait, il n'hésite point à le valider; il en est de même si l'intérêt supérieur de la salubrité publique lui paraît être la base réelle du retrait prononcé par les autorités compétentes.

Le régime de la *concession* a incontestablement pour but de promettre au distributeur que, pendant un certain temps, qui ne peut excéder aujourd'hui quarante ans, il aura un droit contractuel à occuper le domaine public : en ce qui concerne *la lumière*, ce droit peut même être converti en une promesse d'exclusivité, c'est-à-dire que l'électricien reçoit l'assurance qu'il sera seul à occuper, à cet effet, les voies publiques; mais, en retour de cette tranquillité accordée par contrat, des avantages doivent être donnés par le concessionnaire. Pour permettre de rédiger facilement les conventions de cette nature, la loi que nous étudions a annoncé un cahier des charges-type qui a été imposé à toutes les distributions futures par décret du 17 mai 1908. Si l'on veut s'affranchir du texte assez étroit de ce cahier, il est nécessaire de recourir à un décret spécial d'autorisation donné en Conseil d'Etat. C'est pourquoi l'« Officiel » nous fait lire de temps en temps des autorisations présidentielles homologuant des cahiers dont le texte n'est pas rigoureusement conforme au titre indiqué : on peut citer, parmi les plus récentes, le décret d'approbation pour la convention de distribution dans la ville de Villefranche-sur-Saône (« Officiel » du 19 février 1916), la convention signée, le 15 juin 1914, par la Société Le Triphasé et le maire de Sannois (Seine-et-Oise) (« Officiel » du 30 janvier 1916), etc., etc.

Enfin le troisième type de distribution est constitué par la *concession revêtue de la déclaration d'utilité publique*. Aussitôt après l'apparition de la loi — celui qui écrit ces lignes en a été le témoin — beaucoup d'industriels se promettaient de recourir à cette mesure; car ils avaient dans la mémoire et sur le cœur les difficultés sans nombre qu'ils avaient rencontrées dans leurs tractations avec les propriétaires.

Mais cette sorte d'ardeur du début a été fortement calmée plus tard par les lenteurs inhérentes aux formalités sans nombre qui s'imposent à toute déclaration d'utilité publique. Il faut, en effet, se soumettre d'abord à la nécessité d'un décret, avec toutes les enquêtes qui sont imposées pour son obtention et, s'il y a lieu à expropriation, il faut recourir aux formalités édictées par la loi de 1841.

Mais une fois la déclaration obtenue, le concessionnaire jouit d'un droit qui a certainement, en pratique, une très grande valeur : c'est celui d'établir des supports et ancrages pour ses conducteurs aériens, soit à l'extérieur des murs et façades donnant sur la voie publique, soit sur les toits et terrasses des bâtiments, à la condition qu'on y puisse accéder par l'extérieur, étant spécifié toutefois que ce droit ne pourra être exercé que sous les conditions contenues dans les arrêtés techniques, tant au point de vue sécurité qu'au point de vue commodité des habitants; de faire passer le conducteur d'électricité au-dessus des propriétés privées, d'établir à demeure des canalisations souterraines ou des supports pour conducteurs aériens sur des terrains privés non bâtis qui ne sont pas fermés de murs ou autres clôtures équivalentes, de couper des branches d'arbres qui, se trouvant à proximité des conducteurs aériens d'électricité, pourraient, par leurs mouvements ou par leur chute, occasionner des courts-circuits ou des avaries aux ouvrages.

Sans doute, des indemnités sont dues à raison des servitudes d'appui, d'ébranchage et de passage qui sont ci-dessus spécifiées : mais ces indemnités sont déterminées par le juge de paix, c'est-à-dire par la juridiction la plus paternelle qui existe et la plus rapprochée du plaideur.

III. — Il nous resterait à examiner les différents textes qui ont suivi la loi de 1906 : ils sont tellement connus que leur énumération complète serait fastidieuse. Mais nous pouvons citer les principaux.

Le *décret du 17 octobre 1907* a établi les droits de contrôle qui peuvent être exigés de l'électricien, de même que les taxes pour occupation de voirie : ces décrets ont été modifiés, rajeunis, mis en un mot au goût du jour, par les décrets de septembre 1912 qui ont augmenté les droits exigibles dans les communes importantes, pour diminuer les sommes à payer dans les communes moins peuplées où l'industrie électrique a quelquefois bien de la peine à vivre.

Une innovation intéressante qui a été faite est la facilité donnée aux communes d'augmenter les tarifs légaux pour les mettre à l'unisson des anciennes redevances que l'État ou plutôt les communes avaient exigées avant l'apparition de la loi.

En effet, le législateur de 1906 a voulu que les permissions de voirie nouvelles puissent être accordées à ceux qui les demanderaient, mais à la condition qu'elles ne puissent comporter des faveurs par rapport aux autres permissions antérieures; mais comme celles-ci, données avant la loi, comportaient souvent des redevances très considérables, beaucoup plus fortes en tout cas que celles stipulées comme maxima d'après la nouvelle loi, il devenait impossible de créer dans la même commune deux autorisations parallèles : l'ancienne et la nouvelle.

Le *décret du 3 avril 1908* a donné en quelque sorte la charte pratique des installations, en indiquant toutes les formalités à faire pour les obtenir, suivant chaque catégorie : autorisation simple, concession simple, concession déclarée d'utilité publique.

Le *décret du 17 mai 1908*, comme nous l'avons dit, présente un contrat tout prêt aux communes qui doivent seulement en remplir les blancs pour y insérer les conditions de prix, et certains détails de distribution, qu'elles veulent imposer à leur concessionnaire.

Nous avons aussi à signaler de nombreuses circulaires sur lesquelles nous ne pouvons songer à nous étendre avec détails. Il nous a paru toutefois intéressant d'accorder dans les lignes qui vont suivre une mention spéciale à une circulaire compliquée dont l'analyse peut présenter une certaine originalité.

Digitized by Google

IV. — L'autorité administrative n'a jamais dissimulé ses préférences pour la *concession*, comme régime de distribution, et d'autre part, elle a une répulsion assez farouche contre la simple permission de voirie. Elle explique elle-même ce grief par deux motifs : le *premier*, c'est la jurisprudence du Conseil d'Etat qui a conservé, contrairement à l'avis de certains ingénieurs, des permissions que ceux-ci voulaient retirer. C'est un grief tout spécial comme en nourrissent et en nourriront toujours ceux qui ont perdu certains procès.

Le *deuxième* motif, évidemment plus sérieux, est tiré de cette considération que la permanence de l'autorisation peut gêner beaucoup dans l'avenir l'industriel qui serait disposé, moyennant une concession, à occuper la route, et à signer, en retour de son occupation, des tarifs de faveur avec tous les avantages laissés à l'autorité concédante. Et comme d'autre part, le permissionnaire n'a pas de contrat, on ne peut le charger par avance des conditions acceptées par son concurrent : cela fait prévoir à l'administration un encombrement des routes par des industriels qui ne se préoccupent pas suffisamment des intérêts de la région.

Si les deux griefs énumérés au paragraphe précédent sont bien réellement les seuls — et il semble bien qu'il n'en existe pas d'autre — l'administration trouve le moyen de les faire évanouir en employant la méthode qui va être ci-dessous indiquée.

Elle est contenue dans la circulaire du 1er octobre 1912, qui commence par diviser les lignes de distribution d'énergie pour lesquelles sont en général demandées des permissions, en trois catégories :

1° *Les lignes installées par un particulier pour son propre usage ou pour desservir quelques personnes en nombre très restreint*, sans qu'il y ait à proprement parler vente d'énergie au public.

2° *Les lignes de transport desservant les services publics et accessoirement les particuliers.*

3° *Les lignes établies en vue d'une distribution publique qui paraîtrait plutôt relever du régime de la concession.*

On pourra accorder les permissions, dit la circulaire, d'une façon très normale pour les *deux premières* catégories, et d'une façon plus exceptionnelle pour la *troisième*, en prenant toutefois pour chacune d'elles les précautions suivantes qui résultent tant de l'esprit même de la circulaire que des passages nouvellement ajoutés par le ministre aux arrêtés d'autorisation relatifs à chacune de ces catégories, savoir :

a) *Pour les lignes installées par un particulier*, l'article 2 de l'arrêté préfectoral ou municipal, impose au permissionnaire de modifier ou de déplacer à ses frais, la ligne qui fait l'objet de l'arrêté, quand l'exécution des travaux de voirie prévus à l'article 55 du décret du 3 avril 1908 devra avoir lieu.

L'article 3 spécifie que toute extension ou modification des lignes n'est pas prévue dans l'autorisation donnée et devra être l'objet d'une autorisation nouvelle.

Par conséquent, d'une part, l'administration peut avoir la certitude qu'elle ne sera pas gênée par l'occupation autorisée, dans le cas où l'Etat, les départements ou les communes ordonneraient ou concéderaient, soit la construction de routes nationales ou départementales, de chemins vicinaux, de voies ferrées, de canaux, soit l'installation de communications télégraphiques ou téléphoniques ou de distribution d'énergie et, d'une manière générale, l'exécution de travaux publics qui traversent une distribution et obligent à la modifier ; d'autre part, elle n'a point à craindre que la permission donnée aux particuliers, dégénère en un réseau, puisque toute extension ou modification des lignes et même des embranchements actuels doit faire l'objet d'une nouvelle autorisation.

b) *Pour les lignes destinées à desservir des services publics et accessoirement des particuliers*, l'administration se contente d'imposer au permissionnaire l'obligation de ne pas étendre son réseau sans une permission nouvelle. Il ne le soumet pas à l'obligation de déplacer sans indemnité les conducteurs qui ont à fournir du courant à un service public, pour cette raison que les services publics déjà desservis peuvent être aussi intéressants que les nouveaux travaux publics à exécuter : on ne trouve donc dans les arrêtés préfectoraux ou municipaux relatifs à cette catégorie qu'un article spécial (article 2) ainsi conçu : « toute extension ou modification des lignes ou de leurs embranchements devra faire l'objet d'une autorisation nouvelle. »

c) *Pour les lignes établies en vue d'une distribution publique*, le système adopté par la circulaire est plus compliqué.

Le *premier* principe admis par l'administration paraît être celui-ci : dorénavant, l'administration n'accordera plus ou ne refusera plus mécaniquement, automatiquement les autorisations sollicitées.

Quand elle les accordera, ce sera en se renseignant sur le but de la distribution, dans le périmètre considéré et au lieu de se préoccuper seulement de l'emprise des poteaux dans le sol, et du nombre de fils aériens ou souterrains, qui doivent exister, l'administration du contrôle pourra obliger les permissionnaires à établir sur le territoire de chaque commune desservie, des installations susceptibles d'alimenter le service envisagé (postes centraux, transformateurs, etc.) et le permissionnaire s'installe en plaçant les ouvrages qui lui sont imposés.

Un concessionnaire se présente : montrant un projet de contrat avantageux, il demande la place libre : expulser, sans indemnité, le premier occupant, ce serait dur ; refuser ce concessionnaire, ce serait pousser l'abnégation jusqu'au sacrifice héroïque de soi-même, ce qui est très peu administratif.

L'entente prévue par l'arrêté se fera de la façon suivante : le permissionnaire devra mettre à la disposition de l'autorité concédante, moyennant le paiement de la valeur actuelle fixée par expert, toutes les canalisations, tous les ouvrages de la distribution, même les immeubles que l'administration jugera nécessaires à la marche normale de l'exploitation.

L'autorité concédante, État ou commune, ainsi que le concessionnaire, aura, pour payer la valeur fixée, un

Digitized by Google

délai de six mois à compter de la fin de l'exploitation, et le concessionnaire devra prendre les lieu et place du permissionnaire évincé, pour desservir tous les consommateurs; même les approvisionnements en magasins ou en cours de transports, ainsi que le mobilier de la distribution, seront repris à dire d'expert.

Voilà donc un des griefs disparu : le permissionnaire ne peut plus être un obstacle à la concession future ; il doit au contraire, au nom de l'intérêt public, recevoir le prix qui lui est dû, et enlever sans retard ses installations : il a préparé le lit dans lequel le concessionnaire se couche, mais celui-ci en paie le coût, comme il était prévu dès le début.

Comme ce premier principe est fort grave, la circulaire précise bien quel est le seul cas où il pourra recevoir son application.

Le rédacteur de la circulaire n'a pas voulu faire racheter les installations du permissionnaire, « dans le cas où elles seraient placées pour assurer une distribution publique, dont l'installation subordonnée à des clauses précises ne saurait être dépourvue de garanties, ni exposée à une brusque éviction. »

Traduisons en style plus simple cette phrase écrite d'une main un peu lourde : il ne faut pas qu'un petit concessionnaire, survenant brusquement, puisse obtenir le droit d'acquérir, comme il a été dit, par simple décision d'un maire, et moyennant un remboursement fait après expertise, les installations d'un permissionnaire qui ont pour but de donner le courant à une vaste entreprise de distribution publique; en d'autres termes, il ne faut pas que, pour se donner le luxe d'avoir un concessionnaire, une petite commune fasse enlever sans contrôle une distribution donnant des résultats importants.

Aussi le nouvel exploitant ne saura remplir son rôle d'expulsant officiel que s'il est préalablement revêtu de la déclaration d'utilité publique, en guise d'excuse, ou si la Commune ou l'État entend faire l'exploitation de la distribution.

Cette déclaration en effet, grâce à des enquêtes nombreuses, présente le moyen de garantir tout occupant contre une éviction rapide et insuffisamment étudiée : elle ouvre toutes grandes des voies de recours à celui qu'elle dépossède, ce qui est évidemment la sauvegarde qui s'attache à tout débat public. De même, dans l'hypothèse d'une exploitation par la commune et par l'État, il est à croire que les pouvoirs publics ne se lanceront pas à la légère dans une entreprise qui devra débuter par le paiement des installations faites.

Le *deuxième* principe admis par l'administration est destiné à faire disparaître le grief tiré de ce que le simple permissionnaire peut laisser à la charge de l'administration les frais de déplacement et de modification de ses installations quand celles-ci gênent l'établissement des routes. Comme pour les lignes des catégories qui précèdent, la circulaire oblige le permissionnaire à enlever à ses frais les installations qui gêneraient l'établissement des voies prévues à l'article 56 du décret du 3 avril 1906.

Enfin le *troisième* principe est ainsi formé : puisque le permissionnaire est tenu de déguerpir moyennant le rachat de ses installations, il n'y a aucune nécessité à le limiter dans le nombre des conducteurs qu'il doit placer dans le périmètre considéré.

Le permissionnaire peut donc recevoir pour l'ensemble des voies publiques, une permission générale qui lui donnera le droit, conformément à l'article 35 du décret du 3 avril 1908 (§ 2), d'établir sans autorisation nouvelle, et sur simple avertissement préalable donné par lui à l'administration, les branchements ou canalisations qui pourront lui être utiles.

Il est bien certain qu'avec de pareilles précautions prises dans les arrêtés d'autorisation, le permissionnaire ne saurait être une gêne pour les installations futures, et l'administration ne doit plus, ou tout au moins ne devrait plus, le compter comme un adversaire du progrès.

Il nous a paru intéressant de faire ce coup d'œil d'ensemble, à partir de l'année 1906, c'est-à-dire du moment où la loi est venue créer les trois systèmes d'occupation du domaine public que nous connaissons tous et d'arriver en 1916 où nous trouvons que le régime de l'autorisation, pendant un moment décrié et conspué dans les sphères officielles, est aujourd'hui un régime sans danger, par conséquent ne pouvant connaître, sans injustice, une sorte d'ostracisme qu'il ne mérite à aucun égard.

PAUL BOUGAULT,
Avocat à la Cour d'Appel de Lyon.

Lois, décrets, arrêtés, circulaires, etc.

Décret relatif à la distribution d'énergie aux établissements travaillant pour la défense nationale.

Ce décret, en date du 21 novembre et publié dans le « Journal officiel » du 23 novembre 1916, a récemment donné lieu à un arrêté que l'on trouvera plus loin ; pour cette raison nous croyons utile d'en reproduire le texte bien que celui-ci soit déjà connu des lecteurs de « La Revue électrique » où il a été inséré, p. 352 du numéro du 1er décembre.

ARTICLE PREMIER. — Dans tous les réseaux de distribution d'énergie qui desservent soit des établissements de l'État soit des établissements, usines et exploitation de l'industrie privée travaillant pour la défense nationale, et qui seront désignés par un arrêté du ministre de la Guerre, il ne pourra être contracté de police nouvelle ou d'augmentation de police ancienne de fourniture d'énergie sans l'autorisation du ministre de la Guerre.

ART. 2. — En cas d'insuffisance d'un réseau pour assurer la fourniture simultanée de l'énergie nécessaire aux établissements travaillant pour la défense nationale, aux services publics et à la consommation privée, le ministre de la Guerre est autorisé, en l'absence même de toute réquisition, à imposer à l'exploitant un ordre de priorité entre ces diverses catégories de consommateurs d'énergie, à titre permanent, ou à certaines heures de la journée seulement, sur avis conforme du ministre de l'Intérieur et du ministre des Travaux publics.

Digitized by Google

ART. 3. — Au cas où le ministre de la Guerre serait amené à réquisitionner un ou plusieurs des secteurs susvisés, par application des dispositions du paragraphe 4 de l'article 58 de la loi du 3 juillet 1877, tous établissements, services publics et particuliers auxquels serait fournie de l'énergie devront en acquitter le prix sur la base du coût de revient à l'Etat et au prorata de la quantité d'énergie consommée par eux.

ART. 4. — Les ministres de la Guerre, des Travaux publics et de l'Intérieur sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret.

Fait à Paris, le 21 novembre 1916.

Décret portant réduction de l'éclairage public par le gaz et l'électricité.

Sur la proposition du ministre de l'Intérieur a été rendu le décret suivant, en date du 20 décembre 1916, et publié dans le « Journal officiel » du 22 décembre :

ARTICLE PREMIER. — A partir du 26 décembre 1916 l'éclairage public par le gaz et l'électricité, dans toutes les communes du territoire, sera réduit des deux tiers au moins de ce qu'il était dans le régime normal de l'hiver 1913-1914.

ART. 2. — Dans le cas où l'énergie électrique est fournie par la force hydraulique et où cette énergie n'est pas utilisée pour des besoins de la défense nationale, des dérogations pourront être accordées par les préfets.

Décret concernant l'aménagement et l'utilisation des forces hydrauliques sur les cours d'eau non navigables ni flottables.

Sur le rapport du ministre du Commerce, de l'Industrie, de l'Agriculture, du Travail, des Postes et Télégraphes, un décret, en date du 22 décembre 1916 et publié dans le « Journal officiel » du 23 décembre, a transféré pour la durée des hostilités au ministère de l'Armement et des Fabrications de guerre, les attributions exercées jusqu'ici par le ministre du Commerce, en ce qui concerne l'aménagement et l'utilisation des forces hydrauliques sur les cours d'eau non navigables ni flottables.

Décret relatif à la prorogation des échéances et au retrait des dépôts-espèces.

Ce décret, daté du 19 décembre 1916 et publié dans le « Journal officiel » du 20 décembre, proroge pour une nouvelle période de quatre-vingt-dix jours les délais accordés par les décrets antérieurs; en voici le texte :

ARTICLE PREMIER. — Les délais accordés par les articles 1, 2, 3 et 4 du décret du 29 août 1914 et prorogés par les articles premiers des décrets des 27 septembre, 27 octobre, 15 décembre 1914; 25 février, 15 avril, 24 juin, 16 octobre, 23 décembre 1915; 18 mars, 21 juin et 19 septembre 1916 (1), sont prorogés sous les mêmes conditions et réserves, pour une nouvelle période de quatre-vingt-dix jours francs.

Le bénéfice en est étendu aux valeurs négociables qui viendront à échéance avant le 1er avril 1917, à la condition qu'elles aient été souscrites antérieurement au 4 août 1914.

ART. 2. — Le porteur d'un effet de commerce appelé à bénéficier pour la première fois d'une prorogation d'échéance est tenu d'aviser le débiteur qu'il est en possession dudit effet et que le paiement peut en être effectué entre ses mains.

Cet avis pourra être constaté soit par le visa signé et daté du débiteur sur l'effet de commerce, lors de la présentation, soit par une lettre recommandée.

Faute par le porteur d'accomplir ces formalités dans le délai d'un mois à dater de l'échéance normale de l'effet, les intérêts de 5 pour 100, institués à son profit par le décret du 29 août 1914, cesseront de courir à partir de l'expiration de ce délai.

Toutefois, ces formalités ne sont pas nécessaires si le porteur peut prouver que le débiteur a été antérieurement avisé.

ART. 3. — Le porteur d'un effet de commerce dont le paiement est prorogé en vertu des dispositions du présent décret, est tenu d'aviser, dans les trois mois qui suivront sa promulgation, le tireur dudit effet que celui-ci est en sa possession.

Cet avis sera constaté par une lettre recommandée. Faute par le porteur d'accomplir cette formalité, les intérêts au taux de 5 pour 100 l'an, institués par le décret du 29 août 1914 et dont le tireur est débiteur envers lui, solidairement avec le tiré et les endosseurs, cesseront, à partir du jour de l'expiration du délai ci-dessus imparti, de courir à son profit à l'égard du tireur et des endosseurs.

ART. 4. — Dans les délais de prorogation des échéances fixés par le présent décret, le porteur ou le créancier ne pourra pas refuser un paiement partiel pourvu qu'il soit au moins du quart du principal.

Toute somme ainsi payée ne pourra être inférieure à 50 fr, sauf celle qui sera afférente au dernier des termes.

Les intérêts seront exigibles à chaque terme pour la portion du principal payée par le débiteur.

Chaque paiement partiel sera mentionné sur le titre par le porteur, qui en donnera quittance.

Cette quittance sera exemptée du droit de timbre.

ART. 5. — Sont maintenues toutes les dispositions des décrets des 29 août, 27 septembre, 27 octobre, 15 décembre 1914; 25 février, 15 avril, 24 juin, 16 octobre, 23 décembre 1915; 18 et 20 mars, 21 juin, 25 juillet et 19 septembre 1916, qui ne sont pas contraires au présent décret.

Toutefois, l'application des paragraphes 2 et 3 de l'article 2 et du paragraphe 2 de l'article 3 du décret du 27 octobre 1914 concernant le recouvrement des valeurs négociables et des créances à raison de ventes commerciales ou d'avances sur titres est suspendue jusqu'à l'expiration du délai de quatre-vingt-dix jours francs prévu par l'article premier.

ART. 6. — Sont et demeurent soumis aux dispositions du décret du 23 décembre 1915 les débiteurs qui, en raison de l'état de guerre, sont fournisseurs de l'Etat ou des Etats alliés ou travaillant pour le compte de ces Etats, soit à titre principal, soit comme sous-traitants, ainsi que les débiteurs qui fournissent aux personnes ci-dessus dénommées des matières brutes ouvrées ou mi-ouvrées ou qui coopèrent pour partie à la fabrication.

ART. 7. — Sont et demeurent soumises aux dispositions des décrets des 20 mars et 25 juillet 1916, les sommes dues à raison d'effets de commerce, de fournitures de marchandises, d'avances, de dépôts-espèces et soldes créditeurs de comptes courants payables ou remboursables en Algérie.

Toutefois, le présent décret reste applicable en Algérie aux catégories de débiteurs ci-après énumérées :

1° Aux débiteurs qui sont présents sous les drapeaux, à ceux qui ont depuis le 1er août 1914 été renvoyés dans leurs foyers pour blessures ou maladies, ainsi qu'aux héritiers de ceux-ci à raison des obligations contractées par leurs auteurs;

2° Aux sociétés en nom collectif dont tous les associés et aux sociétés en commandite simple dont tous les gérants sont sous les drapeaux.

ART. 8. — Le président du Conseil, ministre des Affaires étrangères, les ministres du Commerce, de l'Industrie, de l'Agriculture, du Travail, des Postes et des Télégraphes, des Finances, de la Justice, de l'Instruction publique et des Beaux-Arts, de l'Intérieur, sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret, qui sera publié au « Journal officiel » et inséré au « Bulletin des lois ».

Décrets portant nomination de sous-secrétaires d'Etat.

Par décret du ministre des Travaux publics, des Transports et du Ravitaillement, en date du 16 décembre et publié dans le « Journal officiel » du 15 décembre 1916, M. Albert Claveille est nommé sous-secrétaire d'Etat à ce ministère; il est spécialement chargé du service des transports.

Un autre décret, de même date, du ministre de l'Armement et des Fabrications de guerre, nomme M. Louis Loucheur sous-secrétaire d'Etat à ce ministère; M. Loucheur est spécialement chargé du service des fabrications de guerre.

Décret nommant des membres de la Commission de la culture mécanique.

Par décret en date du 9 décembre 1916, publié au « Journal officiel » du 11 décembre, le ministre de l'Agriculture,

(1) Voir, pour ces décrets, *La Revue électrique*, 1914, t. XXII, p. 276 et 415; 1915, t. XXIII, p. 135 et 340; t. XXIV, p. 125 et 382; 1916, t. XXV, p. 329; t. XXVI, p. 29 et 224.

Digitized by Google

M. Jules Méline, a nommé membres de la Commission de la culture mécanique instituée par le décret du 23 octobre dernier :

MM. Decker-David, sénateur, membre de la Commission d'essais officiels des moteurs ;

Verlot, député, chargé de mission pour l'inspection des centres et écoles de rééducation des mutilés de guerre ;

Paul Eschwege, président de la Commission de l'Union des Syndicats de l'Électricité pour l'étude des applications de l'électricité à l'agriculture ;

De Fontgalland, vice-président de l'Union centrale des Syndicats des agriculteurs de France ;

Ratouis de Limay, membre correspondant de l'Académie d'agriculture.

Arrêté relatif aux entreprises de distribution et de vente d'énergie électrique.

Sur le rapport du sous-secrétaire d'Etat des Fabrications de guerre, le ministre de l'Armement et des Fabrications de guerre a pris l'arrêté suivant, daté du 19 décembre 1916, publié dans le « Journal officiel » du 21 décembre 1916.

ARTICLE PREMIER. — A partir de ce jour, sont soumises aux dispositions de l'article 1er du décret du 21 novembre 1916 :

1° Toutes les entreprise de vente ou de distribution d'énergie électrique, dont les usines de production ont une puissance totale installée égale ou supérieure à 500 kw ;

2° Les sociétés qui achètent aux entreprises productrices d'énergie soumises au contrôle prévu par le présent article, la totalité ou partie de l'énergie qu'elles représentent.

ART. 2. — Les demandes d'éclairage d'une puissance inférieure à 5 hw et les demandes de force motrice d'une puissance inférieure à 1 kw pourront toutefois être satisfaites par les sociétés susmentionnées sans l'avis de l'autorité militaire.

ART. 3. — Les autorisations prévues à l'article 1er du décret seront délivrées par les officiers du service des forges.

ART. 4. — En cas de désaccord, il pourra en être référé au sous-secrétaire d'Etat des Fabrications de guerre.

Arrêté relatif aux sociétés de distribution d'énergie électrique.

Sur le rapport du sous-secrétaire d'Etat des fabrications de guerre, le ministre de l'Armement et des Fabrications de guerre, M. Albert Thomas a pris l'arrêté suivant, daté du 19 décembre 1916 et publié dans le « Journal officiel » du 21 décembre :

ARTICLE PREMIER. — A partir de ce jour, sont soumises aux dispositions de l'article premier du décret du 21 novembre 1916 (1) :

1° Toutes les entreprises de vente ou de distribution d'énergie électrique, dont les usines de production ont une puissance totale installée égale ou supérieure à 500 kw ;

2° Les sociétés qui achètent aux entreprises productrices d'énergie soumises au contrôle prévu par le présent article, la totalité ou partie de l'énergie qu'elles représentent.

ART. 2. — Les demandes d'éclairage d'une puissance inférieure à 5 hw et les demandes de force motrice d'une puissance inférieure à 1 kw pourront toutefois être satisfaites par les sociétés susmentionnées sans l'avis de l'autorité militaire.

ART. 3. — Les autorisations prévues à l'article premier du décret seront délivrées par les officiers du service des forges.

ART. 4. — En cas de désaccord, il pourra en être référé au sous-secrétaire d'Etat des fabrications de guerre.

Arrêté relatif à la répartition des services du sous-secrétariat des Transports.

Par arrêté du 27 décembre 1916, les services du sous-secrétariat des transports sont répartis pendant la durée de la guerre en quatre sections : 1° de la navigation et des ports maritimes ; 2° des chemins de fer et des voies ferrées d'intérêt local ; 3° des routes, de l'automobile, des usines hydrauliques et des distributions d'énergie électrique ; 4° des transports maritimes.

Les ingénieurs dont les noms suivent ont été chargés de ces divers services :

M. Charguéraud, inspecteur général des Ponts et Chaussées, de la navigation et des ports maritimes ;

M. Fontaneilles, inspecteur général des Ponts et Chaussées, des chemins de fer et des voies ferrées d'intérêt local ;

M. Mahieu, inspecteur général des Ponts et Chaussées, des routes, de l'automobile, des usines hydrauliques et des distributions d'énergie électrique ;

M. de Joly, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, des transports maritimes.

Ordonnance concernant la consommation du gaz et de l'électricité dans Paris et le département de la Seine.

Considérant qu'il importe, dans l'intérêt de la défense nationale, de prendre des mesures pour assurer la conservation des stocks de combustibles nécessaires au fonctionnement régulier des usines productrices de gaz et d'électricité, le Préfet de police a pris, le 18 décembre 1916, une ordonnance dont voici le texte d'après le « Bulletin municipal » du 21 décembre :

ARTICLE PREMIER. — A partir du 26 décembre, présent mois, et jusqu'à nouvel avis, la consommation du gaz d'éclairage et de l'électricité, exception faite des utilisations pour la force motrice, sera soumise, à Paris et dans toutes les communes du département de la Seine, aux dispositions ci-après :

ART. 2. — Pour la période qui s'écoulera jusqu'au 15 avril 1917, la consommation autorisée sera calculée en prenant pour base la consommation du relevé de novembre 1913 ou celle du relevé de novembre 1915, si elle est plus favorable à l'abonné, et cette consommation autorisée sera réglementée de la manière suivante :

1° Pour les abonnés dont la consommation journalière moyenne de base ci-dessus déterminée sera inférieure ou égale à 1 m³ pour le gaz et à 3 hw-h pour l'électricité ;

La consommation autorisée ne pourra, en aucun cas, dépasser 1 m³ ou 3 hw-h.

2° Pour les abonnés dont la consommation journalière moyenne de base ci-dessus déterminée sera supérieure à 1 m³ de gaz ou 3 hw-h d'électricité :

La consommation autorisée sera égale à celle indiquée aux tableaux ci-dessous :

GAZ		ÉLECTRICITÉ	
Consommation journalière. Moyenne de base.	Consommation journalière autorisée.	Consommation journalière. Moyenne de base.	Consommation journalière autorisée.
1,0 m³	1,0 m³	3,0 hw-h	3,0 hw-h
1,5	1,2	5,0	3,5
2,0	1,4	7,0	4,0
2,5	1,6	9,0	4,5
3,0	1,8	11,0	5,0
3,5	2,0		5,0 plus 1/6 de la portion de consommation de base supérieure à 11 hw-h.
au-dessus de 3,5	2 plus 1/6 de la portion de consommation de base supérieure à 3,5,	au-dessus de 11,0	

Les comptes de consommation des abonnés seront établis par période entre deux relevés consécutifs.

(1) Voir *La Revue électrique*, 1916, t. XXVI, p. 352.

Digitized by Google

Les économies que les abonnés réaliseront certains jours sur la consommation autorisée, pourront se reporter sur les autres jours de la même période entre deux relevés consécutifs. Par contre, le report des économies d'une période sur l'autre ne sera pas admis.

ART. 3. — Une tolérance de consommation supplémentaire maximum de 10 pour 100 est accordée en excédent de la consommation autorisée.

ART. 4. — Dans le cas où la tolérance de 10 pour 100 serait dépassée, la fourniture du gaz ou de l'électricité serait supprimée pendant un nombre de jours pleins suivant l'échelle ci-après :

Dépassement de 11 à 40 pour 100, 10 jours.
Dépassement de 41 à 75 pour 100, 20 jours.
Dépassement de 76 à 100 pour 100, 30 jours.
Au-dessus de 100 pour 100, 40 jours.

ART. 5. — Les prescriptions des articles ci-dessus sont entièrement applicables aux compteurs à paiement préalable.

ART. 6. — Pour les abonnements forfaitaires au gaz et à l'électricité, des réductions seront opérées par analogie, conformément aux règles établies par les tableaux de l'article 2.

ART. 7. — L'arrêt de la fourniture comportera l'opposition d'un scellé par les soins des agents du service du gaz ou de l'électricité. La rupture de ce scellé et le rétablissement du gaz ou du courant par un abonné sans l'intervention des services intéressés permet de donner lieu, en dehors de toute poursuite de droit, à la suppression, jusqu'à la fin des hostilités, du gaz ou du courant.

ART. 8. — Des dérogations aux dispositions du présent arrêté seront accordées, pour les usages industriels du gaz et de l'électricité, à tous les établissements dont l'activité est nécessaire à la défense nationale et aux boulangeries pour la fraction de la consommation de gaz nécessaire à la cuisson du pain. Les demandes de dérogations seront examinées par une Commission spéciale qui sera nommée à cet effet et qui statuera sur le vu des justifications délivrées par les autorités militaires ou civiles.

Cette Commission sera composée du Préfet de police ou de son délégué, président; de l'ingénieur en chef du département ou son délégué; un délégué du sous-secrétariat des fabrications de guerre; un membre du Conseil municipal de Paris; un membre du Conseil général de la Seine; un maire du département de la Seine.

Le concessionnaire intéressé entendu, elle examinera également les réclamations des abonnés pour la fixation de la consommation journalière moyenne de base, dans tous les cas où les règles définies à l'article 2 ne pourraient pas être appliquées, ainsi que les réclamations des consommateurs ayant dépassé la limite de tolérance.

Les décisions de la Commission des dérogations, après notre approbation, seront définitives et sans appel.

ART. 9. — Le présent arrêté ne s'applique pas aux établissements travaillant exclusivement pour la défense nationale dans lesquels s'exécutent des marchés de l'Etat.

ART. 10. — Les dispositions du présent arrêté ne s'appliquent pas aux réseaux alimentés exclusivement par des usines hydrauliques, à la condition que ces usines ne desservent pas pour un tiers au moins de leur puissance totale des établissements travaillant pour la défense nationale.

Toutefois, sur demande de l'autorité militaire et après avis de la Commission des dérogations, le présent arrêté pourra leur être applicable.

ART. 11. — Les enseignes lumineuses sont interdites.

ART. 12. — Les dispositions des art. 1 et 2 de notre ordonnance du 11 novembre 1916 sont abrogées en ce qui concerne le gaz et l'électricité. Elles sont maintenues en ce qui concerne la restriction relative à l'emploi de l'essence et du pétrole.

Sont maintenues les dispositions de l'art. 3 relatives à la fermeture des cafés et restaurants qui reste fixée à neuf heures et demie du soir.

Sont abrogées les dispositions du paragraphe 2 du même article.

Est maintenue l'ordonnance du 21 novembre 1916 relative à l'éclairage à l'acétylène.

ART. 13. — Le Secrétaire général de la Préfecture de police, le Directeur de la Police judiciaire, le Directeur de la Police municipale, les maires des communes du département de la Seine, les commissaires de police de la Ville de Paris et des communes des circonscriptions du département de la Seine sont chargés, chacun en ce qui le concerne, d'assurer l'exécution de la présente ordonnance qui sera publiée et affichée.

Ajoutons qu'une ordonnance ultérieure a apporté à la précédente l'addition qui suit :

Les dispositions des articles 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10 et 13 de l'ordonnance de police du 16 décembre 1916, concernant la consommation du gaz et de l'électricité à Paris et dans le département de la Seine, sont applicables aux consommateurs produisant eux-mêmes le gaz et l'électricité nécessaires à leurs besoins ainsi qu'à ceux de leur industrie et de leurs clients. La consommation de base et la consommation autorisée seront fixées par la commission de dérogation dans le cas où elles ne pourraient être établies par la production des relevés antérieurs.

Arrêté relatif au Comité de règlement amiable.

Par arrêté du ministre des Travaux publics, des Transports et du Ravitaillement, en date du 14 décembre, et publié dans le « Journal officiel » du 15 décembre 1916, M. de Préaudeau, inspecteur général des Ponts et Chaussées en retraite, a été maintenu, pour l'année 1917, dans les fonctions de président du Comité consultatif de règlement amiable des entreprises de travaux publics et des marchés de fournitures.

Rapport concernant le projet de loi sur les avances remboursables.

Le 17 février dernier, le Gouvernement déposait, à la Chambre des députés, un projet de loi tendant à l'ouverture, parmi les services spéciaux du Trésor, d'un compte destiné à suivre le mouvement du remboursement des avances consenties par l'Etat aux industriels, pour les besoins de la défense nationale. Dans sa séance du 21 avril, la Chambre a adopté ce projet, en réduisant toutefois à 112 300 000 fr. au lieu de 142 300 000 fr. le maximum des avances à inscrire à ce compte. Soumis à l'examen de la Commission sénatoriale des finances, ce projet vient d'être l'objet d'un rapport de M. Milliès-Lacroix, déposé le 5 décembre et publié dans le « Journal officiel », pages 603-608 des documents parlementaires, Sénat.

D'après ce rapport, la Commission des finances, s'est vue dans la nécessité, tout en approuvant le principe du projet de loi, d'en modifier et d'en compléter le texte afin de le mettre en harmonie avec la législation et la procédure qui règlent actuellement le régime des avances aux industriels. Parmi les modifications, la plus importante est le relèvement du maximum des avances à 168 800 000 fr. Le complément est l'addition de l'article suivant :

Les avances pour création ou développement d'installation ou d'outillage, dont l'article 9 de la loi du 28 septembre 1915 a réglé le mode d'attribution, peuvent être délivrées soit aux industriels avec lesquels l'administration de la guerre a passé des marchés, soit à *ceux qui fournissent aux titulaires des marchés l'énergie nécessaire à l'exécution des commandes.*

Ces avances sont remboursables par imputation sur le prix des fournitures ou par versements échelonnés dans les conditions fixées aux contrats.

Dans le cas de versements échelonnés, la durée du remboursement ne devra pas excéder dix années après la conclusion du contrat.

PARIS. — IMPRIMERIE LEVÉ, 17, RUE CASSETTE. *Le Gérant :* J.-B. NOUET.

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

1re Année. — Tome I. — N° 2. — 13 Janvier 1917.

SOMMAIRE. — L'unification des cahiers des charges. — L'enseignement technique féminin. — L'enseignement industriel et le cinématographe. — Un « écho » du « Matin ». — Les conférences de l'A. F. A. S. — Le contrôle des stations radiotélégraphiques de la Colombie, p. 41 et 42.

Section scientifique et technique. — Sur le système électromagnétique de mesures, par E. Brylinski, p. 43. — L'état actuel des théories vers la fin du XIXe siècle (*suite*), par Marcel Brillouin, p. 46. — Revues, analyses et informations : le voltmètre à corona, p. 49 ; le corps noir à la température de fusion du platine comme point fixe en photométrie, p. 52.

Section industrielle. — Electrification des lignes de banlieue des Chemins de fer de l'Etat, sous-station de transformation du Pont-Cardinet (*suite*), par C. Thomas, p. 53. — La porcelaine électrotechnique (*suite*), par la Chambre syndicale, p. 58. — L'extension de la distribution de l'électricité dans les grandes villes, par R. Raymond, p. 63. — Revues, analyses et informations : les matières de remplacement pour l'électrotechnique en Allemagne, p. 66 ; l'utilisation des gaz de fours à coke pour le chauffage des chaudières, p. 69 ; tours à surfacer, à charioter et à fileter des Etablissements Haigh, p. 70.

Section économique et financière. — Chronique économique, par Désiré Pector, p. 71. — Assemblées générales : Energie électrique du littoral méditerranéen, p. 73 ; Compagnie électrique de la Loire et du Centre, p. 74 ; Société industrielle des Téléphones, p. 75. — Revues, analyses et informations : Les perspectives d'exportation en Italie des appareils de mesure et de téléphonie, p. 76.

Section de législation. — Les restrictions apportées à la libre distribution de l'énergie, par Fernand Payen, p. 77.

L'unification des cahiers des charges. — La Commission chargée par l'Union des Syndicats de l'Électricité d'étudier les règles d'unification et d'étalonnage, s'est réunie le 16 décembre.

Elle a nommé comme rapporteurs :

M. Picou, pour les cinq premiers paragraphes (définitions et classifications).

M. Beaujard, pour les six paragraphes suivants (températures).

M. Drouin, pour les cinq paragraphes suivants (essais mécaniques, surcharges, essais des diélectriques).

M. Picou, pour les quatre derniers paragraphes (renseignements à fournir).

L'Union prie les membres des Syndicats et, d'une façon générale, tous les ingénieurs électriciens, de bien vouloir faire parvenir au Secrétaire de la Commission, M. Sailly, 64, rue Franklin, à Ivry-Port (Seine), les observations ou renseignements qu'ils jugeraient utile de fournir.

L'enseignement technique féminin. — Jusqu'ici toute une série de carrières, en particulier celles de dessinateur et d'employé de bureau d'études, se trouvaient fermées aux femmes, faute d'une instruction préparatoire adaptée à ces carrières. L'importance que les circonstances actuelles ont donnée au travail féminin ne pouvait manquer d'attirer l'attention sur cette lacune de l'enseignement.

A l'instigation de Mlle Hatzfeld cette lacune vient d'être comblée : dans le courant de ce mois s'ouvrira, 20, rue Pergolèse, l'École d'enseignement technique féminin, dont le Comité de patronage comprend, outre MM. Herriot et Mascuraud, sénateurs, des constructeurs et ingénieurs bien connus des électriciens : MM. Carpentier, membre de l'Institut, Gaiffe, Gaumont, Legouez, Richard Georges, etc.

L'enseignement portera, d'une part, sur les diverses branches du dessin et sur la technique des métiers auxquels le dessin est lié, d'autre part, sur les différentes sciences et leurs applications à l'industrie ; il sera donné en partie par des ingénieurs. Des visites d'usines et d'ateliers et quelques stages dans l'industrie compléteront cet enseignement.

Les jeunes filles acquerront ainsi un ensemble de connaissances techniques et une expérience pratique qui leur permettront d'être, pour les chefs d'industrie et d'administration, des employées ou même des collaboratrices aptes à bien s'acquitter des tâches qui leur seront confiées.

L'enseignement industriel et le cinématographe. — A propos de la note précédente et au moment où de toutes parts, au Sénat, à la Chambre, dans les Sociétés savantes et techniques, dans la presse, etc., on se préoccupe de l'enseignement industriel et technique à tous les degrés, il nous paraît utile d'appeler l'attention sur une amélioration qu'il conviendrait d'introduire dans l'enseignement, amélioration

Digitized by Google

déjà réalisée aux États-Unis depuis plusieurs années, mais qui n'est guère utilisée en France : c'est l'emploi du cinématographe dans les cours d'enseignement.

Il n'est pas nécessaire de faire ressortir ici les nombreux avantages que présenterait, dans tous les ordres d'enseignement, l'enseignement scientifique aussi bien que l'enseignement technique ou professionnel, l'usage de films cinématographiques qui permettent de montrer en quelques minutes à tout un auditoire toute une série d'opérations ou de faits dont la description orale demanderait un temps considérable tout en restant très incomplète. Beaucoup de nos lecteurs ont pu, en effet, constater déjà combien l'intérêt des communications aux sociétés savantes et techniques se trouve rehaussé lorsqu'elles sont accompagnées de projections cinématographiques.

La question de l'introduction systématique du cinématographe dans nos écoles n'est d'ailleurs pas tout à fait nouvelle. Elle était posée avant la guerre pour l'enseignement primaire et même pour l'enseignement secondaire; et la Ligue française de l'Enseignement s'était préoccupée de la construction d'un appareil cinématographique robuste, pouvant être confié à une personne peu expérimentée, permettant d'arrêter la projection sur une vue quelconque sans détériorer le film, tout en étant d'un prix assez modique pour être à la portée du modeste budget des écoles primaires. Depuis, grâce à la constitution par le ministère de l'Instruction publique de la Commission du cinéma dans l'enseignement, la question a progressé et la réalisation d'un appareil cinématographique répondant aux vœux de la Ligue française de l'Enseignement, en particulier ne dépassant pas 150 fr, est aujourd'hui en voie d'exécution. Nos écoles primaires disposeront donc bientôt d'un matériel scolaire cinématographique. Espérons que nos lycées et surtout nos écoles techniques et professionnelles profiteront des efforts faits en faveur de l'enseignement primaire et qu'on y trouvera aussi un matériel approprié à l'enseignement des sciences industrielles.

Un « écho » du « Matin ». — Dans son numéro de 2 janvier, « Le Matin » publie les lignes suivantes de M. Louis Forest :

Il se fait, en ce moment, un effort pour unir en faisceau d'action nos théoriciens de la science et nos praticiens. Ainsi, sous l'impulsion de l'Union des Syndicats de l'Électricité, industriels et savants ont décidé de fondre en un seul leurs périodiques à tendances diverses, afin que l'industriel soit à côté de l'ingénieur, l'ingénieur à côté du savant, le savant à côté de l'industriel.

On a mis longtemps chez nous à s'apercevoir de l'indispensable collaboration de l'homme de science et de celui qui, ayant intellectuellement digéré cette science, l'applique. Il ne faut pas s'en étonner. Toute notre éducation est faussée parce qu'on continue à s'imaginer en France que l'enseignement est une chose et la vie une autre.

Ainsi tous nos élèves connaissent l'histoire de Clovis et le vase de Soissons, et : « Courbe la tête, fier Sicambre »... mais quel est celui d'entre eux auquel on a sérieusement enseigné la guerre de 1870 et ses causes profondes ?... Pour ma part, au lycée, mes professeurs n'ont jamais eu le temps d'aller jusque-là :... mais, par exemple, le fier Sicambre !... Nous avons donc de grands historiens qui écrivent les livres, des professeurs qui apprennent dans ces livres ; au bout du compte, parce que nous mettons la science dans un compartiment et la vie dans un autre, nous avons un peuple incapable pratiquement de tirer, pour son expérience politique internationale, aucun profit des leçons de l'école.

Souhaitons que l'esprit nouveau qui anime l'Union des Syndicats de l'Électricité souffle un peu dans tous les domaines. Ainsi nous arriverons peut-être, à une époque où, les électriciens nous ayant tous éclairés à bon marché, électriquement, diminuera enfin l'importance de ces parlotes politiques qui, nous faisant prendre des vessies humanitaires pour des lanternes finiraient, par nous ramener à l'éclairage au suif.

Au nom du Conseil d'administration et de la Rédaction de la « Revue générale de l'Électricité », nous adressons nos remerciements à M. Louis Forest.

Les conférences de l'A. F. A. S. — Les conférences organisées, chaque année, par l'Association française pour l'avancement des Sciences ont commencé dimanche dernier. Voici la liste de ces conférences :

L'Urbanisme et la reconstruction des villes détruites au cours de la guerre, par Georges Courrois, architecte, ingénieur des Arts et Manufactures; dimanche 7 janvier, 15 heures.

L'Organisation économique de l'Allemagne, (avec projections), par Georges Blondel, professeur à l'École des Sciences politiques; dimanche 21 janvier, 15 heures.

La Psychologie de la race allemande, d'après ses caractères objectifs et spécifiques (avec projections), par le Dr Bérillon, médecin-inspecteur des asiles d'aliénés, professeur à l'École de Psychologie; dimanche 4 février, 15 heures.

L'Afrique occidentale française, son état actuel, son avenir (avec projections), par René Chudeau, docteur ès sciences, chargé de missions en Afrique occidentale française; dimanche 18 février, 15 heures.

La production coloniale : son avenir (avec projections), par Vivien de Saint-Martin, ancien chef du cabinet du ministre des Colonies, président de la section de l'Afrique équatoriale de l'Union coloniale; dimanche 4 mars, 15 heures.

L'exploitation des mines françaises (avec projections et films), par Henri Courrot, professeur à l'École centrale des Arts et Manufactures; dimanche 25 mars, 15 heures.

Le contrôle des stations radiotélégraphiques de la Colombie. — En vue de garantir pleinement, au regard des belligérants européens, la neutralité des stations radiotélégraphiques de la République de Colombie, le gouvernement de Bogota a pris une série de mesures tendant à cet effet. En plus d'un contrôle sévère exercé sur les dépêches transmises, il a décidé que le personnel attaché aux entreprises étrangères concessionnaires serait exclusivement neutre et qu'un expert demandé aux États-Unis viendrait examiner les stations et se rendre compte que leur fonctionnement ne peut en aucune manière s'exercer clandestinement. Le rapport que l'expert a présenté à la suite de son examen, établit que toutes les précautions ont été prises pour assurer la complète neutralité de la Colombie en cette matière. Ce rapport a été communiqué officiellement par le gouvernement colombien aux légations de France et de Grande-Bretagne à Bogota.

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

Sur le système électromagnétique de mesures

Après avoir écrit les équations de dimensions des grandeurs électriques et magnétiques, l'auteur montre qu'elles conduisent à deux systèmes de mesures distincts : électrostatique et électromagnétique, ce dernier se subdivisant encore en système électromagnétique C. G. S. et système pratique. Cette dualité a de graves inconvénients qui sont mis en évidence par la discussion de chaque unité séparément. La conclusion de cette étude est que, pour constituer un système homogène d'unités qui s'applique à la fois aux grandeurs mécaniques, électriques et magnétiques, il convient d'en revenir au système C. G. S. quitte à chercher des noms nouveaux pour les différentes unités, ou bien d'adopter un système mixte comprenant quatre grandeurs fondamentales qui sont : la longueur, le temps, le courant et la résistance électriques.

I. — Les grandeurs électriques et magnétiques sont régies par cinq équations fondamentales qui s'écrivent *en dimensions*

$$(1) \qquad F = \frac{1}{K}\frac{Q^2}{L^2} \qquad\qquad (3) \qquad F = \frac{I\mathfrak{Q}}{L}$$

$$(2) \qquad F = \frac{1}{\mu}\frac{\mathfrak{Q}^2}{L^2} \qquad\qquad (4) \qquad F = \mu I^2$$

$$(5) \qquad Q = IT.$$

Les relations (3) et (5), de même que les trois autres, dérivent de l'expérience et sont, par conséquent, des lois de proportionnalité. La nature purement numérique du coefficient de proportionnalité de la relation (5) n'est plus contestée par personne; celle du coefficient de la relation (3), admise en raison de ce que ce coefficient est indépendant de la valeur du courant, de la valeur du pôle magnétique et de la nature du conducteur et de l'espace environnant, c'est-à-dire de toute circonstance physique, sert depuis plusieurs décades de base à l'électromagnétisme et ne soulève plus guère d'objection. La valeur μ du coefficient de la relation (4) résulte de l'adoption de coefficients purement numériques pour les relations (3) et (5); il est d'ailleurs visible que cette relation se ramène aux deux précédentes, puisque l'on peut écrire :

$$(4) \qquad \mu I^2 = F = \frac{F^2}{F} = \frac{\dfrac{I^2\mathfrak{Q}^2}{L^2}}{\dfrac{1}{\mu}\dfrac{\mathfrak{Q}^2}{L^2}} = \frac{(3)\times(3)}{(2)}.$$

D'autre part, la relation (3) peut s'écrire en l'élevant au carré :

$$F^2 = \frac{Q^2\mathfrak{Q}^2}{L^2T^2} = \frac{KFL^2\times\mu FL^2}{L^2T^2}$$

d'où l'on déduit :

$$(6) \qquad K\mu = L^{-2}T^2.$$

On sait que le produit $K\mu$ est précisément l'inverse du carré de la vitesse de propagation du front de l'onde électromagnétique.

On ne connaît pas encore d'autre relation caractéristique entre K et μ, de sorte qu'il subsiste un coefficient de nature inconnue et un seul. D'où la naissance de deux systèmes de mesures distincts.

Ou bien on prend comme unité la *perméabilité diélectrique* K dans l'éther et l'on a le système *électrostatique*, ou bien on prend comme unité la *perméabilité magnétique* μ dans l'éther et on a le système *électromagnétique*.

Le système électrostatique n'est employé que dans quelques cas particuliers, mais le système électromagnétique est très usité. Dans la pratique, il se divise en deux systèmes d'unités distincts, le *système électromagnétique C. G. S.* et le *système pratique*.

Cette dualité entraîne de graves inconvénients qui justifient un nouvel examen de la question, malgré les nombreuses études qu'elle a déjà provoquées et les difficultés que soulève le problème.

Il n'est pas inutile de rappeler quelle est la valeur en unités C. G. S. des principales unités pratiques.

1 J	$= 10^7$	ergs.
1 W	$= 10^7$	unités C. G. S.
1 A	$= 10^{-1}$	id.
1 Ω	$= 10^9$	id.
1 V	$= 10^8$	id.
1 H	$= 10^9$	id.
1 F	$= 10^{-9}$	id.

On remarque immédiatement la variété des puissances de 10 qui interviennent dans ces définitions d'unités [1]. Cette diversité tient à l'erreur de principe

(1) On dira peut-être que les unités du système pratique ne répondent plus, depuis la Conférence de Londres de 1908, aux définitions ci-dessus, et qu'au contraire l'*ampère* est le courant déposant 1,11800 mg d'argent par seconde

Digitized by Google

qui a été commise lors de la constitution du système pratique en prenant pour l'ampère une valeur différente de celle de l'unité C. G. S. de courant.

S'il est, en effet, naturel de prendre une unité secondaire différente de l'unité fondamentale quand cette dernière est de l'ordre de 10^{-9} fois les valeurs numériques usuelles de la grandeur envisagée, il est presque incompréhensible qu'on ait cru devoir adopter une unité secondaire égale à $\frac{1}{10}$ de l'unité fondamentale. La décision ainsi prise pour l'ampère s'explique d'autant moins que, si les courants télégraphiques sont de l'ordre du centiampère, on employait depuis longtemps les régulateurs à arc électrique parcourus par des courants de plusieurs décaampères.

Il suffit de jeter un coup d'œil sur le tableau des unités pour voir que, si cette erreur n'avait pas été commise, les unités d'énergie, de puissance, de résistance, de potentiel et d'inductance auraient toutes eu le même coefficient égal à 10^9, le farad conservant son multiplicateur de même exposant, mais de signe inverse, 10^{-9}.

Cette question de simplicité n'est que la moindre de celles que soulève le système pratique. Ce système, en effet, définit les unités électriques en fonction des unités mécaniques, et comporte, par conséquent, des unités définies de longueur, de masse et de temps.

L'unité de temps reste la seconde habituelle, car le rapport de l'énergie à la puissance est un temps, de telle sorte que l'unité pratique de temps a pour valeur la seconde.

Mais il n'en est pas de même des deux autres. Il résulte, en effet, de l'équation (1) que la force a pour unité pratique 10^{-2} dyne.

En comparant cette valeur à celle du joule, on voit que l'unité pratique de longueur a pour valeur $\frac{10^7}{10^{-2}} = 10^9$ cm = 1 quadrant terrestre, et enfin la masse, rapport de la force à l'accélération, a pour unité pratique $\frac{10^{-2}}{10^9} = 10^{-11}$ g.

Ces unités de longueur et de masse sont aussi incommodes qu'il est possible, et, en particulier, la mesure, nécessaire à chaque instant pour le calcul des résistances électriques, de longueurs et surtout de surfaces (qui s'évaluent en mm²) au moyen du quadrant terrestre, apparaît comme impraticable.

Autant il eût été facile de lever cette difficulté si l'on n'avait eu qu'un facteur 10^9 à envisager, autant il était difficile d'y parvenir avec le système pratique tel qu'on l'avait créé. Il semble même que la difficulté n'ait pas été réellement envisagée et qu'on ait abouti presque inconsciemment à l'accouplement monstrueux du système pratique et du système C. G. S. qui se résume dans la formule de la résistivité en *ohms-centimètre*.

Il nous faut à ce sujet revenir sur une explication déjà donnée antérieurement. Si l'on admettait la nécessité d'une quatrième grandeur fondamentale, il n'y aurait plus de lien entre le système pratique et le système mécanique, puisqu'il manquerait une relation pour exprimer les grandeurs électriques en fonction de *L*, *M* et *T*. On serait alors en droit de définir théoriquement l'*ohm* ou l'*ampère* dans les termes de la Conférence de Londres et d'employer le *centimètre* comme unité de longueur du système pratique. Il en résulterait d'ailleurs que la perméabilité de l'éther ne serait plus égale à l'unité et que la valeur de plusieurs unités serait modifiée. Mais il n'en est pas de même dans le système électromagnétique où la définition des unités de résistance, de courant et d'énergie entraîne inévitablement celle des unités de longueur, de masse et de temps.

Tout se complique encore lorsqu'on envisage les phénomènes magnétiques.

Ces phénomènes magnétiques n'étaient, au moment de la création du système pratique, que l'objet de recherches purement scientifiques, pour lesquelles, d'ailleurs, le système C. G. S. constituait un système d'unités très convenable. Le besoin de définir des unités magnétiques pratiques ne s'est donc en aucune façon fait sentir à ce moment. Mais ce besoin ne tarda pas à se manifester par suite du développement de la construction des dynamos, dans laquelle l'emploi d'unités magnétiques est de tous les instants pour déterminer des données électriques.

On pensa tout d'abord, en raison des relations continuelles entre grandeurs électriques et magnétiques (force magnétomotrice en ampères-tours, force électromotrice en fonction du flux d'induction magnétique) à adopter un système homogène et à définir les unités magnétiques du système pratique. Mais on ne fut pas longtemps à se rendre compte qu'on arrivait ainsi à des unités d'ordre de grandeur inutilisable.

L'équation 3 donne, en effet, pour l'unité de *quantité de magnétisme* ou de *flux d'induction*, la valeur $\frac{10^9 \times 10^{-2}}{10^{-1}} = 10^8$ unités C. G. S.

On en déduit immédiatement, puisque le champ a pour valeur $\frac{F}{\mathfrak{M}}$ par définition, que l'unité de *champ* et *d'induction magnétique* = $\frac{10^{-2}}{10^8} = 10^{-10}$ unité C. G. S.

dans des conditions définies, et l'*ohm* la résistance de 106,300 cm d'une masse de 14,4521 g de mercure dans des conditions également définies.

Cette manière de voir serait acceptable pour l'une au moins de ces deux unités, si l'on admettait, comme cela a été proposé à diverses reprises, une quatrième grandeur fondamentale en dehors de *L*, *M* et *T* pour les grandeurs électriques et magnétiques; mais elle est en opposition irréductible avec le postulat fondamental du système électromagnétique, tel qu'on l'entend habituellement, lequel a pour résultat incontestable de définir complètement toutes les unités électriques et magnétiques en fonction des *unités* de longueur, de masse et de temps.

Cette définition n'empêche d'ailleurs en aucune façon d'admettre que l'*ampère* et l'*ohm* sont représentés pour les besoins de la pratique par les étalons définis à la Conférence de Londres et que cette représentation restera immuable désormais.

Digitized by Google

Cette unité est beaucoup trop petite pour les champs et les inductions dont on fait constamment usage. Il eût été facile de s'en accommoder, comme du *farad*, au moyen d'un préfixe, ou de remanier le système pratique. On a préféré, après de longues discussions, adopter la solution la moins défendable qui pût se trouver : celle qui consiste à employer le système pratique pour les grandeurs électriques et le système C. G. S. pour les grandeurs magnétiques, de telle sorte que dans une même équation l'un des côtés s'exprime numériquement au moyen d'un système d'unités, et l'autre côté au moyen d'un autre. C'est ainsi qu'on arrive à fausser les idées au point qu'on voit se propager des formules telles que la suivante (1) :

$$\text{Force magnétomotrice} = 0{,}4\,\pi\,n\,i.$$

Il est évidemment indispensable de mettre de l'ordre dans nos manières de procéder, et de constituer un système *homogène* d'unités qui s'applique simultanément aux grandeurs électriques, mécaniques et magnétiques. Le système pratique est déjà appliqué d'une manière incohérente dès qu'il est question de grandeurs mécaniques; cet inconvénient s'aggrave encore dès qu'il intervient des grandeurs magnétiques, et il semble bien que le moment soit venu d'adopter pour l'ensemble des unités électriques et magnétiques le système C. G. S.

L'objection relative à la petitesse de certaines unités est facile à lever en adoptant un nouveau préfixe pour le coefficient 10^9. De pareils préfixes pour les puissances successives de 10 en progressant par 3 unités de l'exposant sont bien aisés à imaginer sans imposer aucun effort à la mémoire, et on trouve immédiatement des préfixes rappelant le multiple de 3 qui intervient dans la puissance de 10 envisagée, tels que :

Trillo pour 10^9 avec *trilli* pour 10^{-9};
Quatro pour 10^{12} avec *quatri* pour 10^{-12};
Quinto pour 10^{15} avec *quinti* pour 10^{-15};

et ainsi de suite autant qu'il pourrait être utile.

Adoptons pour un instant, afin d'examiner les grandeurs d'unités ainsi obtenues, une ancienne proposition de M. Blondel qui ne nous paraît pas, d'ailleurs, définitivement acceptable parce qu'elle alourdirait par trop les noms des unités, et désignons les unités électriques C. G. S. par leur nom pratique précédé du préfixe *né*.

Nous aurons le tableau suivant des principales unités usitées (2).

1 joule	$= 10^7$	ergs	$= 10$	mégergs.
1 watt	$= 10^7$	néwatts	$= 10$	méganéwatts.
1 hectowatt	$= 10^9$	néwatts	$= 1$	trillonéwatt.
1 kilowatt	$= 10^{10}$	néwatts	$= 10$	trillonéwatts.
1 ampère	$= 10^{-1}$	néampère	$= 1$	décinéampère.
1 ohm	$= 10^9$	néohms	$= 1$	trillonéohm.
1 microhm	$= 10^3$	néohms	$= 1$	kilonéohm.
1 volt	$= 10^8$	névolts	$= 10^{-1}$	trillonévolts.
1 microvolt	$= 10^2$	névolts	$= 1$	hectonévolt.
1 kilovolt-ampère	$= 10^{10}$	névolt-néampères	$= 10$	trillo-[névolt-néampères.
1 millihenry	$= 10^6$	néhenrys	$=$	mégaénehenry.
1 microfarad	$= 10^{-15}$	micronéfarad	$= 1$	quintinéfarad.

Si l'on fait abstraction de l'apparence lourde des dénominations, qui doit disparaître puisque nous sommes d'avis de ne pas conserver le préfixe *né* avec les anciens noms d'unités, mais bien d'adopter pour les unités C. G. S. de nouveaux noms, abrégés au besoin, on voit que le système est satisfaisant et que chacune de nos unités usuelles a comme correspondante une unité nouvelle aussi facile d'emploi que le kilowatt, le microhm ou le microfarad.

Il ne saurait donc y avoir d'objection sérieuse à apporter enfin, dans nos systèmes d'unités électriques et magnétiques, l'homogénéité qui n'aurait jamais dû leur faire défaut.

II. — Cependant cette solution, qui apparaît comme la seule admissible si l'on tient à conserver le système électromagnétique, soulèvera peut-être quelques résistances malgré le faible changement qu'elle apporterait dans nos habitudes. Aussi n'est-il sans doute pas inutile d'en examiner une autre qui conserverait les unités électriques usuelles tout en admettant l'emploi du *centimètre* comme unité de longueur.

Nous avons vu précédemment que l'expression des phénomènes électriques et magnétiques nécessite l'emploi, jusqu'à présent du moins, de *quatre* grandeurs fondamentales.

Les phénomènes mécaniques s'expriment en fonction de trois seulement, pour lesquelles on prend généralement la *longueur*, le *temps* et la *masse*.

La *longueur* et le *temps* sont des notions trop immédiates pour qu'il puisse être question de les abandonner; mais il n'en est pas de même de la *masse*, pour laquelle on a proposé bien des variantes et que nous pouvons remplacer par une grandeur électrique.

Si nous passons aux unités, nous devons évidemment conserver le *centimètre* comme unité de longueur, puisque c'est le but même du système que nous étudions.

En ce qui concerne le *temps*, il serait naturel de remplacer la *seconde*, unité inemployée dans la pratique, par l'*heure*. Il est bien connu, en effet, qu'on ne fait jamais usage dans la pratique du *coulomb* et du *joule*, mais uniquement de l'*ampère-heure* et du *watt-heure*. Mais cette substitution modifierait la valeur du *farad* et du *henry* et amènerait à des unités magnétiques d'une grandeur gênante. Il paraît donc préférable de conserver également la *seconde*.

Restent deux grandeurs à choisir avec leurs unités.

(1) On pourrait écrire sans inconvénient :
Force magnétomotrice $= 0{,}4\,\pi\,n$ ampères.
Mais l'équation physique :
Force magnétomotrice $= 0{,}4\,\pi\,n\,i$,
existe indépendamment de toute valeur numérique, et il est inadmissible d'en fausser les coefficients par défaut d'homogénéité dans les systèmes de mesure employés.

(2) On emploie quelquefois, mais rarement, le *mégohm* et le *kilovolt*. Le mégohm tombe de plus en plus en désuétude depuis que l'on s'est rendu compte que l'isolement n'a pas de relation directe avec la résistance à la rupture diélectrique, qui est l'élément intéressant. Le kilovolt est bien inutile, car il est aussi facile de dire 12000 v que 12 kv, et plus facile de dire 12325 v que 12,325 kv.

Digitized by Google

Un simple coup d'œil montre qu'il faut, pour conserver le système habituel d'unités électriques, adopter deux grandeurs telles que le *courant* et la *résistance électriques* par exemple, et prendre pour leurs unités l'*ampère* et l'*ohm* tels qu'ils ont été définis à la Conférence de Londres de 1908.

On voit jusqu'à quel point ce nouveau système diffère du système pratique; au lieu de partir des trois grandeurs mécaniques et de faire de la perméabilité un pur coefficient numérique, nous expliquons tous les phénomènes mécaniques, électriques et magnétiques au moyen de quatre grandeurs fondamentales qui sont :

La *longueur*, unité le *centimètre*;

Le *temps*, unité la *seconde*;

Le *courant électrique*, unité l'*ampère* (de Londres);

La *résistance électrique*, unité l'*ohm* (de Londres).

Ce système est fondé logiquement et ses unités sont nettement définies, car la réalisation de l'*ohm* et de l'*ampère* ne paraît pas devoir être beaucoup plus difficile que celle de la *seconde de temps moyen* qui est universellement adoptée.

On voit du premier coup d'œil que l'adoption de la *seconde*, de l'*ohm* et de l'*ampère* entraîne le maintien du *coulomb*, du *volt*, du *watt*, du *joule*, du *henry* et du *farad*, par conséquent de toutes nos unités électriques du système pratique, et que l'adoption du *centimètre* entraîne le maintien de la *résistivité* en *ohm-centimètre*, ainsi que l'évaluation des champs électriques en *volt par centimètre*.

La conservation des unités électriques est donc complète.

Au point de vue mécanique :

L'*unité de force* a pour valeur $\frac{W}{L} = 10^7$ dynes, c'est-à-dire 10 mégadynes ou 9,81 k-poids, et l'*unité de masse* a pour valeur $\frac{F}{LT^{-2}} = 10^7$ g, c'est-à-dire 10 t.

Si l'unité de force est d'une valeur très normale, l'unité de masse est évidemment très élevée; c'est la rançon de l'introduction du *centimètre* comme unité de longueur. Mais il ne faut pas oublier que l'unité de masse du système pratique actuel est encore beaucoup plus incommode.

Si nous passons enfin aux *unités magnétiques*, nous voyons que :

L'unité de *potentiel* est $I = 10^{-1}$ C. G. S.;

— *quantité* est $\frac{W}{I} = \frac{10^7}{10^{-1}} = 10^8$ C. G. S.;

— *champ* est $\frac{F}{\mathfrak{M}} = \frac{10^7}{10^8} = 10^{-1}$ C. G. S.;

— *perméabilité* est $\frac{\mathfrak{M}^2}{FL^2} = \frac{10^{16}}{10^7} = 10^9$ C.G.S.;

— *induction* est $\mu\mathcal{H} = 10^9 \times 10^{-1} = 10^8$ C.G.S.

Toutes ces unités, en utilisant le préfixe *micro* pour celles de *perméabilité* et d'*induction*, comme on fait couramment pour le *microfarad*, sont d'un emploi tout à fait aisé dans la pratique.

On hésitera, sans doute, d'autant moins à se rallier à ce système qu'une modification des unités magnétiques apparaît comme indispensable en tout état de cause.

Il a été, en effet, reconnu à la dernière session de la Commission électrotechnique internationale que l'attribution du nom de *gauss* à la fois à l'unité de *champ* et à celle d'*induction magnétique* créait une confusion qu'il était nécessaire de faire disparaître. Il est évidemment indiqué de profiter de la réforme qui est apparue comme nécessaire sur ce point pour adopter des unités magnétiques cohérentes avec les unités électriques correspondantes, et le trouble momentané qui résultera de cette réforme est d'importance tout à fait minime.

E. Brylinski.

L'État actuel des théories électriques

L'ÉTAT DES THÉORIES VERS LA FIN DU XIX^{e} SIÈCLE

Après avoir défini ses axes de référence, l'auteur écrit les équations du champ, des forces pondéromotrices, de la force électromotrice et de la force magnétisante, qui toutes traduisent des faits rigoureusement observés, mais, néanmoins sont encore insuffisantes pour expliquer le mécanisme intime des actions électriques et magnétiques. Certaines notions complémentaires sur la structure de l'électricité étaient nécessaires; on les doit aux belles découvertes de J.-J. Thomson sur le passage de l'électricité à travers les gaz, découvertes d'où il résulte que la charge électrique est discontinue ou atomique. Dans les rayons cathodiques, par exemple, les porteurs négatifs beaucoup moins massifs que l'atome d'hydrogène, sont appelés corpuscules *ou* électrons *et c'est la théorie électronique des phénomènes électriques que l'auteur se propose de prendre pour guide dans la suite de cette étude.*

1. — Axes de référence. — Notations. — Je prends des axes de référence fixes par rapport au laboratoire où se font les expériences.

L'axe des y est en avant du plan xz [1], de sorte que le sens de rotation $x \to y$, $y \to z$, $z \to x$, est le sens horaire ♂.

Le laboratoire est soit lié à la terre — c'est le cas le plus ordinaire — soit entraîné d'un mouvement *rectiligne* et *uniforme* par rapport à la terre, un wagon de chemin de fer, un paquebot ou une nacelle de ballon dirigeable, par exemple.

C'est dans le laboratoire lié à la terre qu'ont été

[1] D'autres préfèrent adopter le sens de rotation opposé. Cela me paraît indifférent pourvu que les notations soient précisées. Même remarque pour tout ce qui est conventions.

Digitized by Google

faites toutes les expériences de précision, qui ont conduit aux équations du champ électromagnétique.

J'appelle E_1 E_2 E_3, M_1 M_2 M_3 les composantes du champ électrique et du champ magnétique ;

$\mathcal{E}_1$ $\mathcal{E}_2$ $\mathcal{E}_3$, $\mathfrak{M}_1$ $\mathfrak{M}_2$ $\mathfrak{M}_3$ les composantes de l'induction électrique et de l'induction magnétique dans un corps immobile ;

j_1 j_2 j_3 les composantes de la densité de courant.

J'adopte le système d'unités électromagnétiques et j'appelle Ω la vitesse de la lumière.

2. — Équations du champ. — Les équations fondamentales du champ sont, comme on sait, les équations *de Faraday*,

$$\text{I} \qquad \frac{\partial \mathfrak{M}_1}{\partial t} = \frac{\partial E_2}{\partial y} - \frac{\partial E_2}{\partial z}, \ldots$$

et celles d'*Ampère-Maxwell*

$$\text{II} \qquad \frac{1}{\Omega^2}\frac{\partial \mathcal{E}_1}{\partial t} + 4\pi j_1 = -\frac{\partial M_3}{\partial y} + \frac{\partial M_2}{\partial z}, \ldots .$$

Dans cette dernière, le terme $4\pi j_1$ est le terme d'Ampère, et le terme en $\frac{\partial \mathcal{E}_1}{\partial t}$ celui de Maxwell-Hertz.

Ces équations traduisent aussi directement que possible l'ensemble des expériences d'induction de Faraday, d'électromagnétisme d'Ampère et de propagation des ondes électromagnétiques et lumineuses.

Adoptant maintenant la localisation de l'énergie électromagnétique de Maxwell, nous prendrons pour énergie de l'unité de volume

$$\text{III} \qquad \frac{\mathcal{E}_1 E_1 + \mathcal{E}_2 E_2 \mathcal{E}_3 E_3}{8\pi\Omega^2} + \frac{\mathfrak{M}_1 M_1 + \mathfrak{M}_2 M_2 + \mathfrak{M}_3 M_3}{8\pi}.$$

On sait, en outre, que les intensités de courants définies par leurs propriétés électromagnétiques sont liées aux quantités d'électricité définies électrostatiquement :

$$\text{IV} \qquad \begin{cases} \text{Div}\ \mathcal{E} = 4\pi\Omega^2 e \\ -4\pi\ \text{Div}\ j = \dfrac{1}{\Omega^2}\dfrac{\partial}{\partial t}\ \text{Div}\ \mathcal{E} = 4\pi\dfrac{\partial e}{\partial t} \end{cases}$$

en appelant e la densité de l'électricité en volume ;

$$\left[\text{Div}\ j = \frac{\partial j_1}{\partial x} + \frac{\partial j_2}{\partial y} + \frac{\partial j_3}{\partial z}\right].$$

L'impossibilité d'isoler un volume de matière ne portant qu'un seul pôle magnétique conduit à prendre

$$\text{V} \qquad \text{Div}\ \mathfrak{M} = 0.$$

3. — Forces pondéromotrices. — Un petit corps rigide immobile portant une charge ε, subit de la part du champ une force

$$\text{VI} \qquad X_1 = \varepsilon E_1 \quad X_2 = \varepsilon E_2, \quad X_3 = \varepsilon E_3,$$

soit dans le vide, soit dans une longue cavité cylindrique ayant la direction commune de la force E et de l'induction $\mathcal{E}$ à l'intérieur d'un diélectrique isotrope. (Je laisse de côté les corps anisotropes, ou les corps dont l'induction $\mathcal{E}$ n'est pas entièrement due au champ.)

Un petit aimant de moment magnétique μ, orientable et dévié de sa position d'équilibre, subit un couple :

$$\text{VII} \qquad C_1 = \mu(\alpha_2 M_3 - \alpha_3 M_2), \ldots$$

en appelant α_1 α_2 α_3 les cosinus directeurs de l'axe magnétique de l'aimant. Il peut être, soit dans le vide, soit dans une longue cavité cylindrique orientée suivant la force M. (Mêmes restrictions que plus haut.)

Ce petit aimant peut être constitué par un petit circuit fermé (*Ampère*) de surface S et d'intensité I, telles que

$$\text{VIII} \qquad SI = \mu ;$$

l'axe magnétique est la normale à la petite surface S supposée plane.

Un circuit fermé rigide subit des actions (force et couple) dont on obtient la valeur exacte en appliquant à chaque élément de courant $I\,ds$, de projections $I\,dx$, $I\,dy$, $I\,dz$, une force perpendiculaire au courant et au champ :

$$\text{IX} \qquad X_1 ds = I(M_2 dz - M_3 dy), \ldots .$$

A cette force élémentaire, on pourrait ajouter une force élémentaire et un couple élémentaire tels que sur un circuit fermé leur force et leur couple résultant soient nuls. Cette question a été longuement discutée par les physiciens, en particulier par Helmholtz, tant qu'on a cru pouvoir réaliser des courants électrodynamiquement ouverts. Elle n'a plus qu'un intérêt de curiosité historique.

On peut pourtant regarder comme un nouvel aspect de cette même question les discussions plus récentes au sujet du principe de réaction, ou de conservation des quantités de mouvement.

4. — Force électromotrice. — Le champ produit dans un élément de volume matériel T une action séparatrice des deux électricités

$$\text{X} \qquad E_1 + M_2 u_3 - M_3 u_2, \ldots$$

lorsque cet élément est animé d'une vitesse u_1, u_2, u_3. Les effets de cette force diffèrent suivant les propriétés du corps. Dans un conducteur métallique il y a production de courant sans transport de matière, suivant les lois d'Ohm ; dans un électrolyte, il y a à la fois courant électrique et action chimique, suivant les lois de Faraday ; dans un diélectrique pur, il y a polarisation du diélectrique sans courant électrique ni transport de matière.

Force magnétisante. — Sous l'action de la force M un moment magnétique est produit dans chaque unité

Digitized by Google

de volume; les composantes M de l'induction magnétique en dépendent.

5. — Réactions de la matière. — Jusqu'ici, les équations écrites traduisent rigoureusement les faits observés. On n'en saurait dire toujours autant de ce qui va suivre.

Pour les conducteurs métalliques homogènes, la loi d'Ohm, traduite par la notion de résistance (fonction de la température), paraît être rigoureuse dans toute l'échelle des intensités de courant observables, depuis les milliardièmes d'ampère, jusqu'aux milliers d'ampère.

Pour les conducteurs électrolytiques, les lois, un peu plus complexes (changements de concentration aux pôles, etc.), paraissent être aussi connues d'une manière très satisfaisante.

Mais pour les corps très peu conducteurs, et pour les diélectriques purs, il est loin d'en être de même. Jusqu'à une époque assez récente, l'antagonisme entre l'observation et les formules adoptées (je ne dis pas, la théorie) était flagrante. On constatait que la conductibilité de ces corps n'équivaut pas à une résistance constante, et dans tout travail théorique, on écrivait pourtant des équations d'Ohm (en parallèle, ou en série avec les propriétés diélectriques). On éprouvait une extraordinaire difficulté à définir assez étroitement la technique des expériences sur les diélectriques pour obtenir vaille que vaille — une constante diélectrique, — et encore fallait-il réserver le rôle d'une hystérèse et d'une viscosité diélectriques, elles-mêmes mal définies; et on écrivait néanmoins la proportionnalité de l'induction électrique $\mathfrak{E}$ à la force séparatrice.

Avait-on au moins la ressource de regarder ces relations linéaires comme exactes pour les très petites valeurs de la force séparatrice et de l'induction électrique? Non, pas même; car, en optique, les équations ainsi écrites laissaient de côté la dispersion, tant dans les corps transparents que dans les corps absorbants.

Je n'écrirai donc aucune de ces relations.

Des remarques analogues s'appliquent aux propriétés magnétiques de la matière. La conclusion s'impose : les phénomènes électriques et magnétiques qui se produisent au sein de la matière solide ou liquide n'ont pas un caractère de simplicité suffisant pour que des formules algébriques simples réussissent à les coordonner exactement dans tous les cas. Ce sont des phénomènes compliqués; pour les analyser en éléments plus simples, il faut arriver à connaître quelque chose de plus précis sur le mécanisme des actions électriques et magnétiques. L'imagination algébrique ne suffit pas pour faire ce nouveau pas; il faut faire appel à la fois à l'expérience et à l'imagination physique. Disons-le de suite, le secret que les solides et les liquides tenaient profondément caché, ce sont les gaz qui ont commencé à le révéler; on peut aujourd'hui soupçonner, par analogie, l'origine des complications présentées par les diélectriques, et la nature des précautions techniques à prendre pour obtenir des résultats réguliers.

6. — Structure de l'électricité. — Dans les liquides et les solides, les phénomènes électriques dont on a réussi à trouver les lois ne mettaient en évidence aucune différence qualitative entre les charges positives ou négatives; ces phénomènes s'accommodaient à peu près également de l'hypothèse d'une structure continue et homogène des charges électriques, ou d'une structure discontinue, mais à grains trop petits pour qu'on puisse les mettre en évidence, individuellement. Les lois de l'électrolyse, à la vérité, obligeaient bien à employer un langage *atomique*, et les changements de concentration aux électrodes trouvaient leurs règles grâce à la notion de transport des *ions*. Mais, dans notre pays au moins, où les molécules et les atomes étaient assez mal vus, je ne sais pourquoi, on évitait de parler de ces phénomènes perturbateurs.

Mais après les travaux de J.-J. Thomson et de ses élèves sur le passage de l'électricité à travers les gaz, on ne peut plus se refuser à l'évidence. La notion qui a déchiré le voile et rendu compréhensibles tous les phénomènes électriques qui se produisent dans les gaz, c'est la notion de structure discontinue, ou atomique de la charge électrique. D'abord hypothèse féconde, cette notion est devenue un fait expérimental certain depuis que l'on peut observer les charges individuelles. C'est ce que nous examinerons dans un prochain article en dehors de toute préoccupation historique.

Dans les rayons cathodiques, qui transportent directement l'électricité négative, comme l'a montré Perrin, il y a vingt ans, les porteurs sont beaucoup moins massifs que l'atome d'hydrogène; on les appelle *corpuscules* ou *électrons*, et en raison de leur inertie exceptionnellement petite, on les regarde ordinairement comme dépourvus de masse matérielle ordinaire; jusqu'à quel point cette opinion est-elle établie expérimentalement, c'est ce qu'il faudra aussi examiner?

Grâce à leur très petite inertie, ces électrons peuvent atteindre dans le vide des vitesses comparables à celle de la lumière, ceux surtout qui constituent les rayons β du rayonnement des corps radioactifs. Comment se comportent-ils au point de vue électromagnétique, à ces très grandes vitesses? C'est tout un domaine nouveau à explorer, qui jusqu'à présent n'a été étudié qu'au point de vue un peu étroit de l'*experimentum crucis* entre deux ou trois vues théoriques restreintes.

On connaît trop l'importance industrielle de la lampe à incandescence, des lampes à mercure, etc., et le rôle chirurgical de l'ampoule à rayons Röntgen pour méconnaître l'utilité de connaissances exactes sur les phénomènes dont je viens de rappeler l'existence.

Sans même parler de l'optique, de la dispersion, de l'émission lumineuse, et du phénomène de Zeemann, la substitution de la notion de structure discontinue à celle de fluide continu dans l'étude électrique des solides, et en particulier des conducteurs, a ouvert une voie nouvelle aux investigations; elle a permis de rattacher, en effet, à un même point de vue, les résistances, les différences de potentiel au contact, la thermo-électricité, et l'émission de corpuscules dans le vide, par les solides

Digitized by Google

chauds (effet Edison). Malgré la complication de toute théorie statistique à laquelle on essaie de donner un peu de rigueur, on peut espérer désormais rattacher les propriétés électriques des alliages à celles de leurs constituants purs, et à leur structure décelée par la métallographie. On possède du moins une idée directrice pour les essais de théorie, tandis qu'auparavant on n'avait rien.

C'est donc la théorie électronique des phénomènes électriques que nous prendrons désormais pour guide. Nous aurons donc à faire de nombreux emprunts aux beaux travaux du savant auquel on doit presque toute cette théorie, le professeur hollandais, H. A. Lorentz. Mais nous n'adopterons pas d'emblée toutes ses vues. Il est permis, en effet, de se demander si les équations fondamentales qu'il a adoptées sont une conséquence inéluctable des faits d'expérience, et si le développement si brillant, — et d'ailleurs algébriquement cohérent — qu'a subi sa théorie n'exprime pas beaucoup plus qu'on ne sait réellement. C'est même par cet examen que nous débuterons, en discutant quelques expériences célèbres effectuées à l'aide des rayons cathodiques et des rayons β du radium.

Marcel Brillouin,
Professeur au Collège de France.

Revues, analyses et informations

Le voltmètre à corona.

Il a été démontré sans aucun doute possible que l'apparition de la « corona » dépend du maximum de l'onde alternative. Or la mesure de ce maximum a une grande importance, puisque c'est de lui que dépendent les efforts électrostatiques subis par les isolants. Pour cette mesure, l'éclateur à pointes d'aiguilles, qui a été longtemps l'étalon officiel de l'American Institute of Electrical Ingineers, a bien des points faibles ; l'éclateur à sphères, adopté aujourd'hui comme étalon par l'American Institute, donne des résultats divergents non seulement pour des observateurs différents, mais aussi pour un même observateur ; de plus sa courbe d'étalonnage varie beaucoup suivant que les deux électrodes sont isolées ou que l'une d'elles est mise à la terre.

On a décrit récemment des voltmètres de crête d'onde utilisant les propriétés redressantes d'un tube à cathode chauffée [1]. Ces appareils seront précieux pour les basses tensions, mais pour les hautes ils paraissent nécessiter l'emploi de condensateurs ou de résistances mis en série, ce qui introduit des causes d'incertitude bien connues.

Ces considérations ont conduit MM. J.-B. Whitehead et M.-W. Pullen à réaliser un voltmètre pour hautes tensions basé sur un principe nouveau. Ils en ont donné la description dans une communication récente à l'American Institute of Electrical Engineers [2], communication dont nous donnons ci-dessous l'analyse.

Principe du voltmètre a corona. — Comme moyen de mesure, la corona a le grand avantage de suivre une loi bien définie sur laquelle un grand nombre d'observateurs sont d'accord. Si l'on peut connaître d'avance avec précision la tension à laquelle la corona commencera à apparaître sur un conducteur rond, il sera donc possible d'établir un étalonnage absolu. On décrit ici un instrument qui permet de déceler exactement la première apparition de la corona. Il est évident, d'après la nature de la corona, qu'un tel appareil ne peut pas avoir une échelle à lecture directe, pas plus que l'éclateur à pointes d'aiguilles ou à sphères.

Méthodes d'observation. — L'apparition de la corona ne suit une loi rigoureuse que si le fil ou le barreau qui en est le siège est placé exactement sur l'axe d'un cylindre creux formant l'autre pôle. C'est donc cette disposition qui a été choisie pour le voltmètre. On met à la terre le cylindre extérieur, ce qui garantit le fil intérieur des influences étrangères et permet d'approcher de l'appareil sans danger. Pour observer l'apparition de la corona, on emploie trois procédés : l'électroscope, le galvanomètre, le téléphone.

Electroscope. Cet instrument donne le moyen le plus sensible de déceler l'ionisation d'un gaz ; or, la corona est accompagnée d'une abondante ionisation. On peut seulement se demander s'il est possible d'approcher assez l'électroscope du conducteur siège de la corona sans influencer le champ électrique dont dépend celle-ci. Pratiquement, le cylindre extérieur entourant le conducteur à corona est percé de quelques petits trous près desquels on amène une électrode isolée reliée à un électroscope chargé ; la première apparition de la corona le décharge immédiatement. L'électroscope n'a pas besoin d'être bien sensible ; on emploie un appareil à feuille unique, d'or ou d'aluminium, l'autre pôle étant constitué par une tige fixe. On l'observe avec une lunette. On charge l'électroscope avec un courant continu à 120 v, soit directement, soit par l'intermédiaire de petits condensateurs montés en série-parallèle.

Galvanomètre. Si le cylindre extérieur mis à la terre est percé de petits trous assez rapprochés sur toute sa surface, et si l'électrode qu'on employait pour l'électroscope reçoit un développement assez grand pour former un cylindre extérieur entourant celui qui forme un des pôles de l'appareil à corona, on peut accroître de beaucoup le volume de gaz ionisé utilisé. Si cette électrode cylindrique extérieure est approchée tout près du cylindre relié à la terre et si on la relie elle-même à la terre par l'intermédiaire d'un galvanomètre et d'une source de courant continu, le galvanomètre déviera quand le gaz enfermé entre les deux cylindres sera ionisé. Il faut naturellement isoler avec soin l'électrode extérieure. Le but de ce dispositif est de déceler la présence de la corona avec un instrument moins sensible que l'électroscope. On emploie un galvanomètre à miroir avec lunette, dont la sensibilité est de l'ordre de

[1] *La Revue électrique*, 1916, t. XXVI, p. 346-349.
[2] J.-B. Whitehead et M.-W. Pullen, Communication présentée à l'American Institute of Electrical Engineers, le 27 juin 1916. *Proceedings of the A. I. E. E.*, juin 1916, t. XXXV, p. 791-815.

Digitized by Google

10^{-7} A. Pour la tension continue nécessaire, on s'est servi d'un réseau à trois fils, 240 v en donnant au galvanomètre et à l'électrode une différence de potentiel de 120 v positive ou négative par rapport à la terre. Le système est beaucoup plus sensible pour une électrode négative que pour une électrode positive, en raison des propriétés différentes des ions positifs et négatifs.

Téléphone. — La corona émet un son qui est intensifié si elle se produit dans un espace clos. Mais, comme il sera dit, le voltmètre à corona dans sa forme actuelle comporte une variation de la pression du gaz dans le tube à corona, ce qui empêche naturellement d'écouter directement le son; on a donc inséré dans un tube latéral un microphone téléphonique relié extérieurement à deux récepteurs avec serre-tête. Ce dispositif est aussi sûr que les méthodes précédentes.

Limites d'observation. — A la pression et à la température de l'atmosphère, un fil ou un barreau de diamètre donné, placé dans un tube donné, produira la corona à une seule valeur de la tension. Pour obtenir une certaine étendue de mesures avec un tel instrument, il faudrait changer le diamètre du conducteur intérieur ou du conducteur extérieur, ce qui ne serait pas pratique. Or la tension de corona dépend de la pression et de la température de l'air; c'est la densité du gaz qui est le facteur déterminant. C'est par là qu'on peut régler l'instrument pour une tension donnée. Un seul fil ou barreau sert pour les tensions, et les seules limites de l'étendue des observations sont celles de l'isolement des garnitures étanches par où se fait le contact au fil à corona, et celle de la pression qu'on peut faire supporter à l'appareil en sécurité. Dans le plus petit des deux appareils construits, l'échelle des observations s'étend de 20 000 à 50 000 v avec une pression variant de 30 cm de mercure au-dessous de la pression atmosphérique à 60 cm au-dessus.

Description de l'appareil. — Le voltmètre pour 100 000 v est représenté figure 1. Il comprend une enveloppe d'acier C

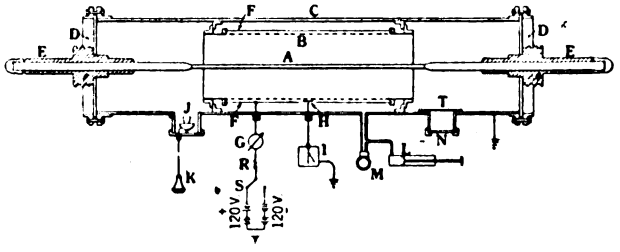


Fig. 1. — Voltmètre à corona pour 100 000 volts. Coupe par l'axe et branchement des appareils auxiliaires.

dont le diamètre intérieur est 44,4 cm et le diamètre extérieur, 45,7 cm. Les fonds sont fermés par des disques de verre D de 1,9 cm d'épaisseur, supportant chacun dans un orifice pratiqué au centre une garniture de porcelaine E pour 100 000 v. Cette enveloppe constitue l'enceinte où l'on peut faire varier la pression; le voltmètre proprement dit est à l'intérieur. Le conducteur central A, sur lequel se forme la corona, est une tige d'acier à outils longue de 1 m environ et de 0,635 cm de diamètre. A chacun de ses bouts, juste en dehors du cylindre B, le conducteur central est prolongé par des tiges de plus grand diamètre qui passent à travers les porcelaines E. Le but de cette disposition est de donner la certitude que la décharge électrique se produit seulement à l'intérieur du cylindre B. Ce cylindre, long de 92 cm, avec un diamètre de 30,7 cm est percé sur toute sa surface de trous de 1,58 cm de diamètre et est relié électriquement à l'enveloppe C, qui est elle-même reliée à la terre. F est un cylindre en métal mince entourant de tout près le cylindre perforé B; il est isolé et communique par une garniture de soufre avec le galvanomètre G et une source de courant continu S. H est une petite électrode passant dans un orifice du cylindre F mais sans le toucher et reliée par une garniture de soufre avec un électroscope I dont l'enveloppe est reliée à la terre. J est un microphone s'adaptant dans une tubulure latérale; L est une pompe à main ordinaire pour le vide ou la compression; elle s'adapte, ainsi que le manomètre M, à l'enveloppe cylindrique extérieure. N est une petite tubulure avec regard en verre par laquelle on peut observer le thermomètre T.

La difficulté d'isolement est la seule limite d'emploi de cet appareil. Si l'on emploie un conducteur central de diamètre trop grand, dépassant par exemple 1,75 cm, la tension élevée nécessaire pour produire la corona fait jaillir une étincelle entre le conducteur et l'enveloppe en contournant la porcelaine, à cause de l'intensité du champ électrique dans cette région. On écarte cette difficulté par l'emploi d'un conducteur à corona de diamètre plus faible que celui de ses prolongements.

Un autre appareil que décrivent les auteurs a été établi pour 50 000 v; on s'est efforcé de réduire ses dimensions sans diminuer son exactitude.

Observations et essais. — La puissance était fournie par un transformateur de 10 kv-a, 100 000 v, alimenté par un alternateur monophasé de 7,5 kv-a, établi pour donner une onde pure. Pendant tous les essais, on a maintenu la fréquence 60 p : sec. Le transformateur est muni d'une bobine tertiaire pour indiquer la tension; le rapport du nombre des spires, entre l'enroulement haute tension et l'enroulement tertiaire est 833,36. Toutes les observations ont été faites en ayant le tube extérieur du voltmètre, une extrémité de la bobine tertiaire, une extrémité de l'enroulement primaire et une extrémité de l'enroulement haute tension, reliés au sol. Toutes les observations ont été faites à des valeurs assez basses de l'induction magnétique dans l'alternateur et le transformateur.

La secondaire du transformateur étant relié au conducteur central du voltmètre, on élevait graduellement la tension, en observant le galvanomètre et l'électroscope et en écoutant le téléphone. Dès que l'un de ces instruments indiquait la présence de la corona, on lisait la tension sur un voltmètre électro-dynamique branché sur la bobine tertiaire. On a pris aussi beaucoup d'oscillographies qui, avec les lectures au voltmètre, servent à déterminer les facteurs de crête des tensions engendrées dans la bobine tertiaire.

	Tension critique en volts dans la bobine tertiaire.					
Electroscope	48.75	48.75	48.8	48.8	48.75	48.75
Galvanomètre....	43.8	48.8	48.75	48.8	48.75	48.7
Téléphone.....	48.8	48.8	48.75	48.8	48.8	48.75

On a fait de nombreux essais préliminaires en employant des conducteurs centraux de dimensions diverses, afin de voir si les valeurs observées concordaient bien avec les

Digitized by Google

formules données par plusieurs expérimentateurs, au sujet de la relation entre la valeur critique du champ à la surface d'un conducteur, d'une part, et, d'autre part, son diamètre, la température et la pression. La table ci-dessus représente cette comparaison pour quatre diamètres différents de la tige centrale :

DIAMÈTRE DE LA TIGE (CM)	TENSION CRITIQUE (VOLTS)			δ	VALEUR CRITIQUE DU CHAMP A LA SURFACE EN VOLTS:CM	
					observée	calculée
0,238	21,6	21,7	21,8	1,014	59 400	59 800
0,317	24,6	24,7	24,6	1,014	55 500	55 400
0,396	27,6	27,6	27,6	1,017	53 800	54 000
0,477	30	30	29,9	1,017	50 700	51 200

Les valeurs calculées pour la valeur critique du champ superficiel ont été tirées de la formule :

$$E = 32\left(\delta + 0{,}296\sqrt{\frac{\delta}{r}}\right) \text{ kv : cm}$$

E désignant la valeur critique du champ superficiel, r, le rayon du conducteur, δ un facteur qui dépend de la densité du gaz et dont l'expression est

$$\delta = \frac{3{,}92 \times p}{273 + t},$$

p étant la pression en centimètres de mercure, t la température en degrés centigrades.

ETALONNAGE. — L'étalonnage des appareils employés pour mesurer les tensions de crête d'onde a toujours été jusqu'ici entaché d'incertitude. On l'a généralement effectué par comparaison avec un éclateur à pointes d'aiguilles ou à sphères pris pour étalon, mais ces appareils doivent eux-mêmes être étalonnés, puisqu'il n'est pas certain que la tension d'éclatement, même dans le cas des sphères, puisse se calculer en fonction de la distance et du diamètre de ces sphères. Il est vrai qu'on affirme, d'autre part, qu'il est possible de munir un transformateur à haute tension d'une bobine tertiaire enroulée de telle sorte qu'elle reproduise exactement la valeur et la forme d'onde de la tension à haut potentiel, mais cela n'est pas certain non plus. Les auteurs sont d'avis que l'étalon des tensions supérieures à 10 000 ou 15 000 v peut être donné par la formation de corona sur un fil placé suivant l'axe d'une enveloppe cylindrique.

MÉTHODE DE MESURE DE LA TENSION. — L'appareil peut être employé de deux manières : 1° on peut le régler pour une tension déterminée et lui appliquer une tension qu'on élève graduellement jusqu'à ce qu'on atteigne la valeur voulue; 2° on peut appliquer aux bornes une tension inconnue, et abaisser graduellement la pression dans le tube jusqu'à ce que la corona apparaisse.

La première de ces méthodes est celle qu'on emploie ordinairement dans les essais des isolants. Pour l'appliquer, les opérations nécessaires sont celles-ci : lire la température dans le tube à corona; chercher sur une table ou une courbe, calculée d'après les dimensions de l'appareil, la valeur de la pression qui, à la température observée, correspond à la tension indiquée. Régler la pression à cette valeur au moyen d'une pompe à pression et à vide. Elever graduellement la tension à partir d'une valeur inférieure jusqu'à ce que la présence de la corona soit reconnue par une des méthodes décrites.

Dans la seconde méthode, par laquelle on cherche à mesurer la valeur d'une tension inconnue, il n'y a qu'à faire monter la pression dans le tube jusqu'à une valeur correspondant à une tension qu'on sait être supérieure à celle qu'on veut mesurer. On peut alors abaisser rapidement la pression en laissant l'air s'échapper jusqu'à l'apparition de la corona. Ayant ainsi déterminé une valeur approchée de la tension, on peut élever de nouveau la pression jusqu'au-dessus de la valeur à laquelle apparaît la corona, puis l'abaisser de nouveau aussi graduellement qu'il est nécessaire pour le degré d'exactitude qu'on veut avoir. La table des pressions peut aussi être employée dans ce cas. En employant cette méthode, il faut éviter d'abaisser la pression très au-dessous de la valeur à laquelle apparaît la corona, sinon le volume de celle-ci augmente beaucoup, ce qui peut donner lieu à un amorçage d'arc et obliger aussi à nettoyer la surface du conducteur central.

CONSERVATION DU RÉGLAGE. — Les inégalités de surface du conducteur central ont une influence importante sur le point d'apparition de la corona. De petites saletés sur la surface deviennent le siège de champs intenses et donnent des étincelles ou des effluves à des tensions inférieures à celle qui donnerait lieu à corona avec un conducteur uni. Il faut donc nettoyer avec soin le conducteur central.

Pour étudier la possibilité de la répétition des mesures, on a fait, pendant une période de cinq mois, une série d'observations sur un voltmètre un peu différent de celui qu'on a décrit. Ce voltmètre était ouvert à l'air libre et soumis seulement aux variations de la densité atmosphérique. On a fait pendant toute cette période, quatre ou cinq fois par semaine, la mesure de la tension de corona. Après les corrections dues à la température et à la pression, l'écart maximum observé par rapport à la valeur théorique fut de 0,6 pour 100. On nettoyait le fil tous les jours ou tous les deux jours.

On a fait aussi des essais sur la détérioration de la surface du fil avec l'usage; ils ont consisté à soumettre l'appareil continuellement à une tension un peu supérieure à celle qui fait apparaître la corona, et à essayer de temps en temps si la tension de corona qu'on observe n'est pas abaissée. A 1 pour 100 au-dessus de la tension de formation, on a une corona bien nette; à 5 pour 100, le volume et le bruit sont notables. On a pris, pour le conducteur central, des matériaux divers : outre le cuivre et l'acier dont on se sert habituellement, on a employé des tiges bronzées, nickelées, argentées. Après des essais de 45 min environ, on n'a pas trouvé de différence sensible dans la valeur de la tension de corona.

DIMENSIONS. — Les dimensions du voltmètre à corona sont déterminées par trois facteurs : le diamètre du tube à corona, sa longueur et l'isolement du conducteur central aux endroits où il traverse le tube extérieur ou tube à pression. Le diamètre du tube à corona est surtout déterminé par la tension maxima. Il y a une relation simple et bien connue avec le diamètre du conducteur intérieur pour chaque valeur de la tension donnant lieu à corona. Le rapport le plus avantageux de ces deux diamètres n'a pas encore été déterminé, mais des essais ont montré que, si le rapport entre le diamètre du conducteur central et celui du

Digitized by Google

tube qui l'entoure dépasse 0,1, la disrupture est à craindre.

On a fait aussi des essais sur la longueur nécessaire pour le tube à corona. En raison de l'emploi du galvanomètre, pour lequel il est nécessaire d'avoir une quantité de gaz ionisé assez grande, sa sensibilité étant moindre que celle de l'électroscope et du téléphone, il ne faut pas donner au tube à corona une longueur inférieure à trois fois son diamètre.

Ce sont les nécessités d'isolement des conducteurs d'entrée qui ajoutent le plus à la longueur nécessaire pour l'appareil entier.

Il paraît possible de construire un voltmètre à corona pour 100000 v ayant une longueur d'encombrement totale d'environ 2 m et un diamètre extérieur maximum de 15 à 50 cm.

P. L.

Le corps noir à la température de fusion du platine comme point fixe en photométrie [1].

Plusieurs essais ont été faits en vue d'utiliser le platine pour l'établissement d'un étalon d'intensité lumineuse. Le plus connu est celui de Violle qui a proposé d'adopter comme unité de quantité de lumière celle qu'émet 1 cm² de la surface d'un bain de platine en fusion. Un certain nombre d'objections sont formulées par l'auteur sur le choix d'un tel étalon.

L'unité d'intensité lumineuse devrait dériver, autant que possible, du système C. G. S. et ne pas dépendre de la nature d'une flamme ou d'un point de fusion quelconque. Le *watt de flux lumineux*, tel qu'il a été défini et évalué dans des recherches récentes [2], satisfait à cette condition théorique.

Au point de vue pratique une difficulté sérieuse surgit dans l'évaluation de l'étalon Violle. Le principal obstacle semble provenir de l'état de la surface du platine fondu. Cette surface possède un pouvoir réflecteur très élevé et, en outre, la moindre impureté l'altère.

Il y a quelques années Waidner et Burgess [3] ont suggéré un perfectionnement notable de l'étalon Violle. A la surface du platine ils proposent de substituer comme source de lumière, un corps noir à la température de fusion du platine. Le grand avantage du corps noir est naturellement qu'il ne possède pas de surface réfléchissante ou susceptible d'être contaminée. Waidner et Burgess proposent la définition suivante : « L'unité de quantité de lumière est la quantité de lumière (blanche ou monochromatique) qu'émet 1 cm² d'un corps noir à la température de solidification du platine. »

Il faut d'ailleurs remarquer que, si les objections pratiques élevées contre l'étalon Violle disparaissent par la substitution du corps noir à la surface du platine, l'objection théorique subsiste. Un tel étalon reste soumis à la critique générale de tous les étalons proposés jusqu'ici : il n'a aucun lien logique avec les autres étalons utilisés en physique.

L'objet de la présente note est d'attirer l'attention sur la proposition de Waidner et Burgess, mais à un point de vue différent. Au lieu de prendre comme unité la quantité de lumière émise dans ces conditions, Herbert E. Ives suggère de l'utiliser comme *point fixe* dans l'échelle des quantités de lumière.

Les avantages bien connus du platine — son point de fusion élevé, sa résistance à l'oxydation et, par suite, la fixité de son point de fusion ; la grande pureté sous laquelle on peut l'obtenir — militent en faveur de son emploi comme point fixe. D'autres avantages sur lesquels l'attention n'avait pas été attirée jusqu'ici méritent d'être signalés : 1° l'intensité lumineuse d'un corps noir peut être calculée avec précision par l'emploi de constantes dont les valeurs sont ou seront bientôt établies avec la plus grande précision ; 2° la couleur du corps noir à cette température est celle des étalons actuellement utilisés ; 3° la méthode de construction d'un corps noir par l'emploi de minces lamelles de métal permet d'entrevoir une réalisation pratique plus aisée qu'au moment où Waidner et Burgess ont émis leur projet.

Relativement au premier point, Ives et Kingsbury ont montré que l'éclat du corps noir peut être calculé par l'expression

$$e = \frac{\sigma\theta^5}{M\pi} \cdot \frac{\int_0^\infty k_\lambda R_\lambda \, d\lambda}{\int_0^\infty R_\lambda \, d\lambda},$$

σ désignant la constante de la loi de Stephan, k_λ le coefficient de luminosité pour d'égales énergies spectrales, R_λ l'intensité dans le spectre de la radiation λ, et M l'équivalent mécanique de la lumière, c'est-à-dire la constante nécessaire pour exprimer le watt de flux lumineux en unités photométriques courantes.

L'expression de k_λ a été fournie par Kingsbury [1]. Pour R_λ on pourra utiliser l'équation de Wien avec les valeurs expérimentalement établies des constantes σ et c_2. Des expériences récentes sur des lamelles de platine fondues électriquement ont indiqué qu'en prenant $\sigma = 5{,}65 \cdot 10^{-12}$; $c_2 = 1{,}390$, et $M = 0{,}00139$ l'équation précédente fournit une valeur de e égale à la valeur observée pour $\theta = 2\,028°$ abs.

En ce qui concerne le second point il arrive accidentellement que la couleur du corps noir à la température de fusion du platine est presque exactement celle de la lampe à filament de carbone de 1 w qui sert actuellement d'étalon lumineux. En sorte qu'il serait facile de reconstituer cet étalon dans le cas où il viendrait à disparaître.

[1] Herbert E. Ives. *Physical Review*, septembre 1916, 2e série, t. VIII, p. 350-353, 1 500 mots.

[2] *Journal of the Franklin Institute*, octobre 1915, p. 409. Voir *La Revue électrique*, 1er septembre 1916, t. XXVI, p. 154-158.

[3] *Electrical World*, 19 septembre 1908, p. 625.

[1] *Physical Review*, février 1916, t. VIII, p. 161. Voir *La Revue électrique*, 1er septembre 1916, t. XXVI, p. 155.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

Électrification des lignes de banlieue des Chemins de fer de l'État

SOUS-STATION DE TRANSFORMATION DU PONT-CARDINET

Ainsi qu'on l'a vu par le précédent article (1), cette sous-station comprend : un poste de sectionnement, une sous-station de traction et une sous-station d'éclairage et de force motrice. Dans cet article est décrite la sous-station de traction où les courants triphasés de haute tension, 15 000 et 5 000 v, 25 p : sec, sont transformés en courant continu 650 v au moyen de commutatrices Westinghouse de 1 500 kw.

Sous-station de traction. — Cette sous-station a pour but de transformer le courant alternatif haute tension fourni par le poste de sectionnement en courant continu, 650 v, destiné à l'alimentation des voies électriques.

Cette transformation s'effectue à l'aide de commutatrices de 1 500 kw.

Actuellement, quatre de ces machines sont installées avec leurs appareils accessoires : transformateurs, bobines de self-induction, etc. On dispose donc d'une puissance de 6000 kw qui pourra, si cela est nécessaire dans l'avenir, être portée à 9000 kw par l'addition de deux machines supplémentaires de même puissance dont les emplacements ont été réservés.

La figure 9, insérée dans le précédent numéro, qui donne une vue d'ensemble en plan de la salle des machines, montre la disposition de ces commutatrices.

Nous avons vu que le poste de sectionnement, partie 15000 v, comprend deux tranches spéciales destinées à fournir le courant haute tension nécessaire à cette sous-station.

A la sortie de ces deux interrupteurs, les phases sont conduites, en passant par les appareils de comptage, aux barres-omnibus 15000 v du matériel haute tension de la sous-station de traction installée dans la première galerie.

La figure 10 donne le schéma des connexions haute et basse tension de cette sous-station dont tout le matériel électrique a été fourni par la Société Westinghouse.

On voit que les barres-omnibus haute tension alimentent :

1° Les disjoncteurs de chacune des commutatrices;

2° Deux disjoncteurs qui fournissent le courant nécessaire à deux groupes moteurs-ventilateurs destinés au refroidissement des transformateurs de traction et de déversement.

Les conditions d'installation de ces disjoncteurs sont identiques à celles que nous avons indiquées pour les interrupteurs du poste de sectionnement.

Ils sont du type automatique tripolaire à rupture dans l'huile et bacs séparés, du type normal de 300 A, capables de couper 100000 kv-A, disjonction automatique à maxima et retour de courant, commande électrique à distance et commande à main.

Ils comportent deux coupures en série par phase, chaque coupure ayant une longueur de 400 mm. Chaque bac peut contenir 70 l d'huile.

La figure 13 montre les différentes vues de ces disjoncteurs.

Leur commande à distance s'effectue du pupitre K (fig. 9) installé dans la salle des machines devant le tableau basse tension de traction.

A la sortie de ces interrupteurs, le courant haute tension est conduit, par un câble armé, aux bobines de self-induction. Les connexions entre ces bobines, les transformateurs abaisseurs de tension et les commutatrices sont en barres nues fixées sur isolateurs.

Les transformateurs de traction abaissent la tension polygonale de 15000 v à la tension convenable pour le fonctionnement des commutatrices. Ils sont du type monophasé de 535 kv-A chacun, isolés à l'air et à insufflation. Ils forment deux groupes de douze transformateurs (y compris ceux de déversement) et sont installés sur une seule ligne au niveau de la salle des machines, côté des voies principales (fig. 9).

Le refroidissement de ces transformateurs est obtenu au moyen de deux ventilateurs placés au sous-sol à chacune des extrémités d'une chambre de ventilation (fig. 9) disposée sous ces appareils. Chaque ventilateur est déterminé de manière à pouvoir fournir à lui seul l'air nécessaire à la ventilation des vingt-quatre transformateurs absorbant chacun 65 m³ d'air sous une pression de 70 mm d'eau.

Ces ventilateurs sont actionnés par des moteurs asynchrones de 40 ch.

Leurs transformateurs sont du type triphasé à huile 15000 v/200 v et installés en sous-sol à proximité des moteurs.

(1) *Revue générale de l'Électricité*, 6 janvier 1917, t. I, p. 13-16.

Digitized by Google

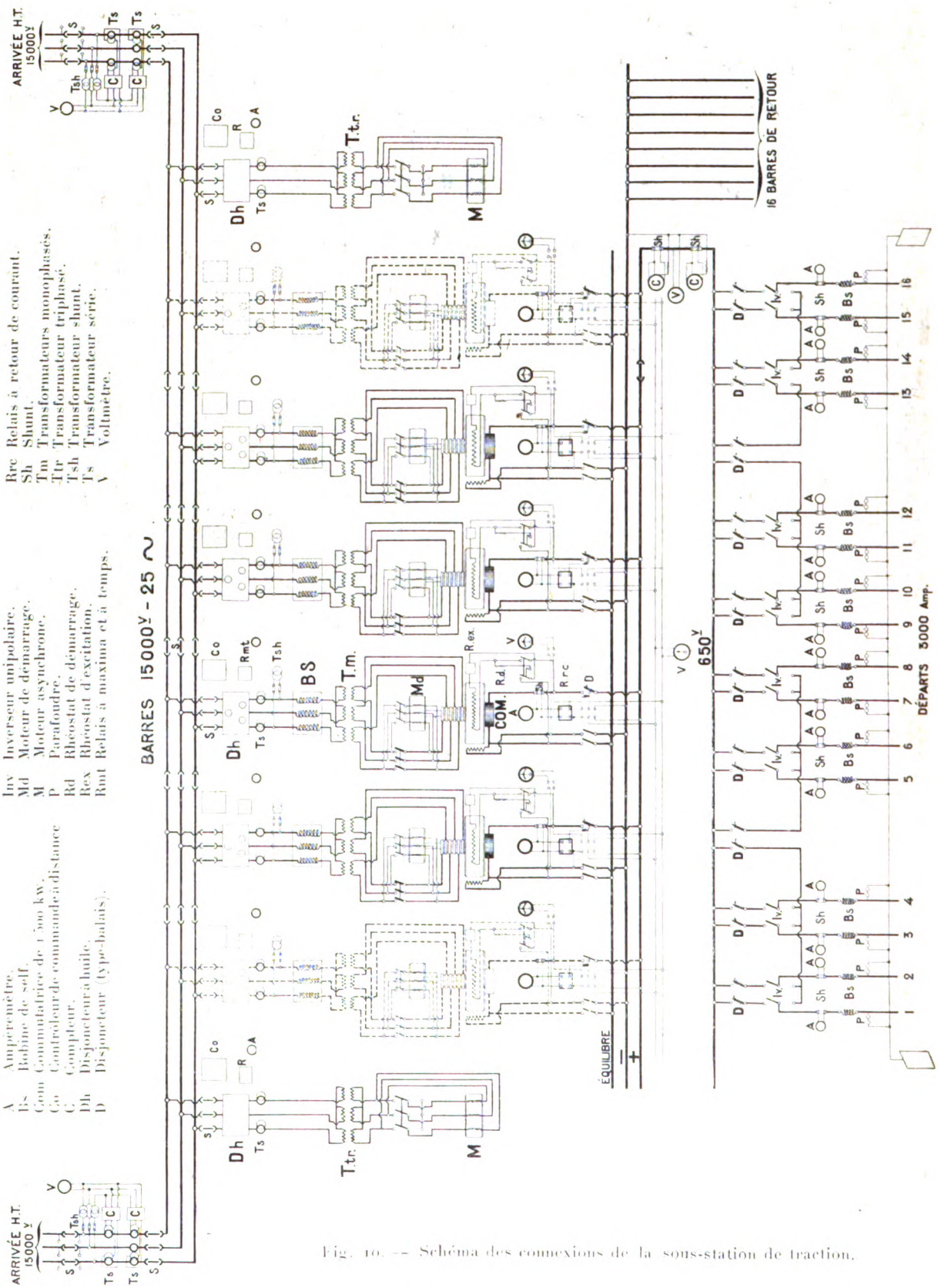


Fig. 10. — Schéma des connexions de la sous-station de traction.

Digitized by Google

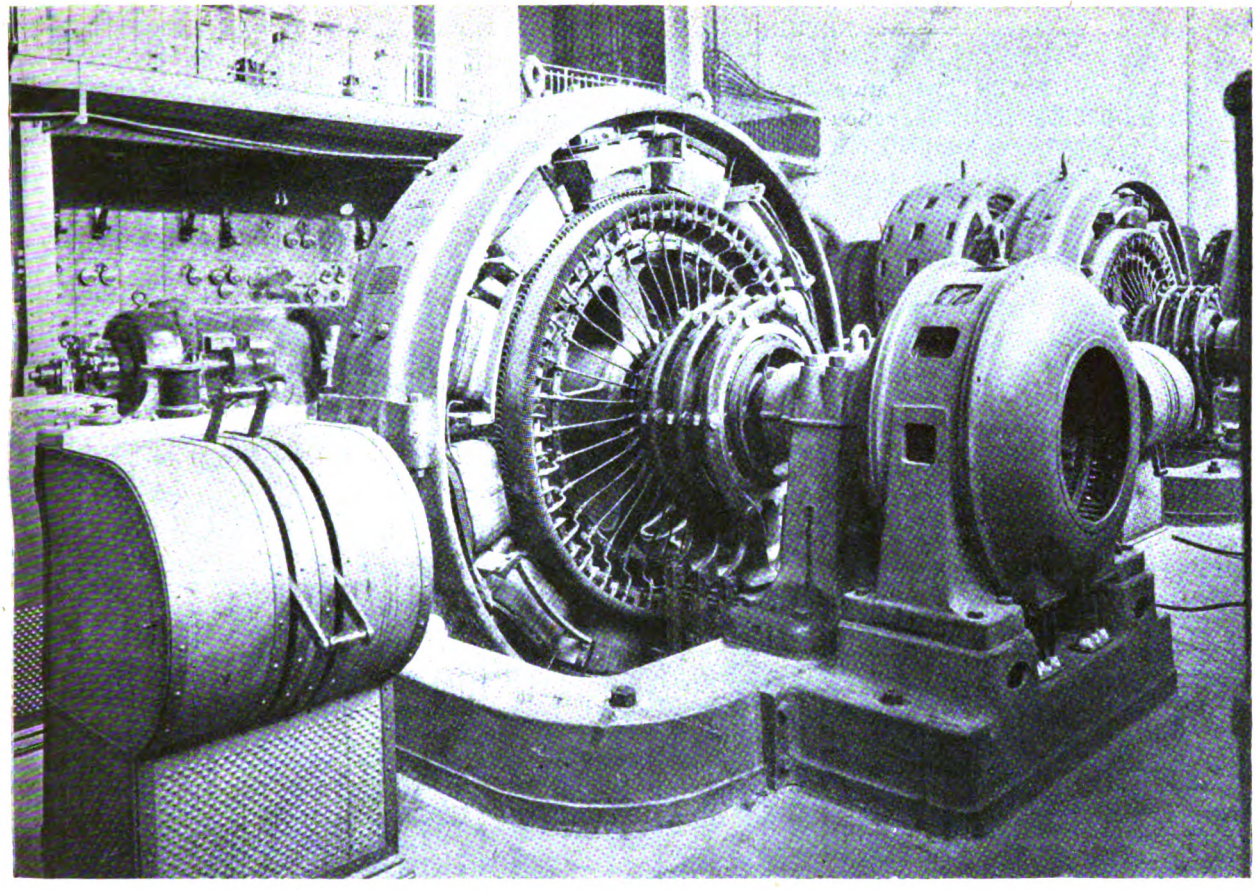


Fig. 11. — Commutatrice Westinghouse de 1 500 kw avec démarrage système Rosenberg, côté alternatif.

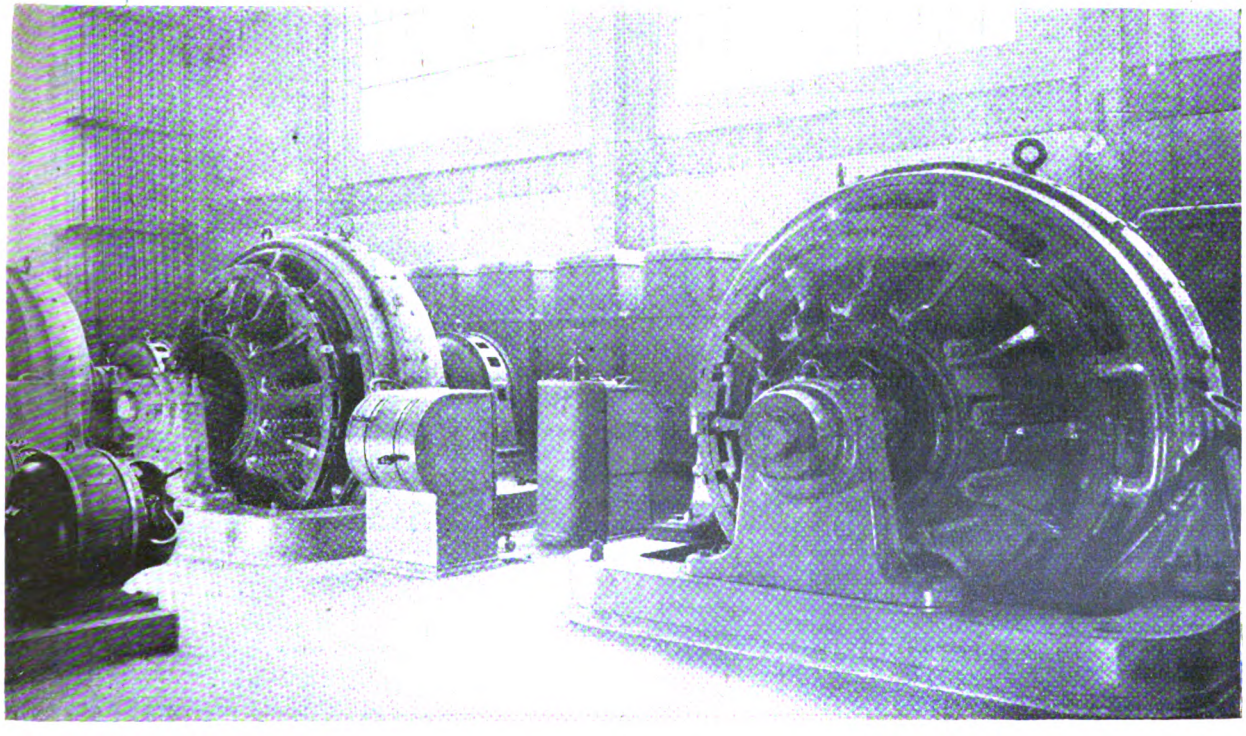


Fig. 12. — Commutatrice Westinghouse de 1 500 kw, côté continu.

Digitized by Google

Pour la commodité de l'installation, on a été conduit à placer les bobines de self-induction à la partie inférieure de la chambre de ventilation.

Ces bobines, du type triphasé à huile, avec dispositif de réglage et de mise hors circuit, ont été placées chacune dans une cheminée reliée à la chambre de ventilation d'une part (fig. 9) et venant déboucher, d'autre part, dans la salle des machines. On supprime ainsi

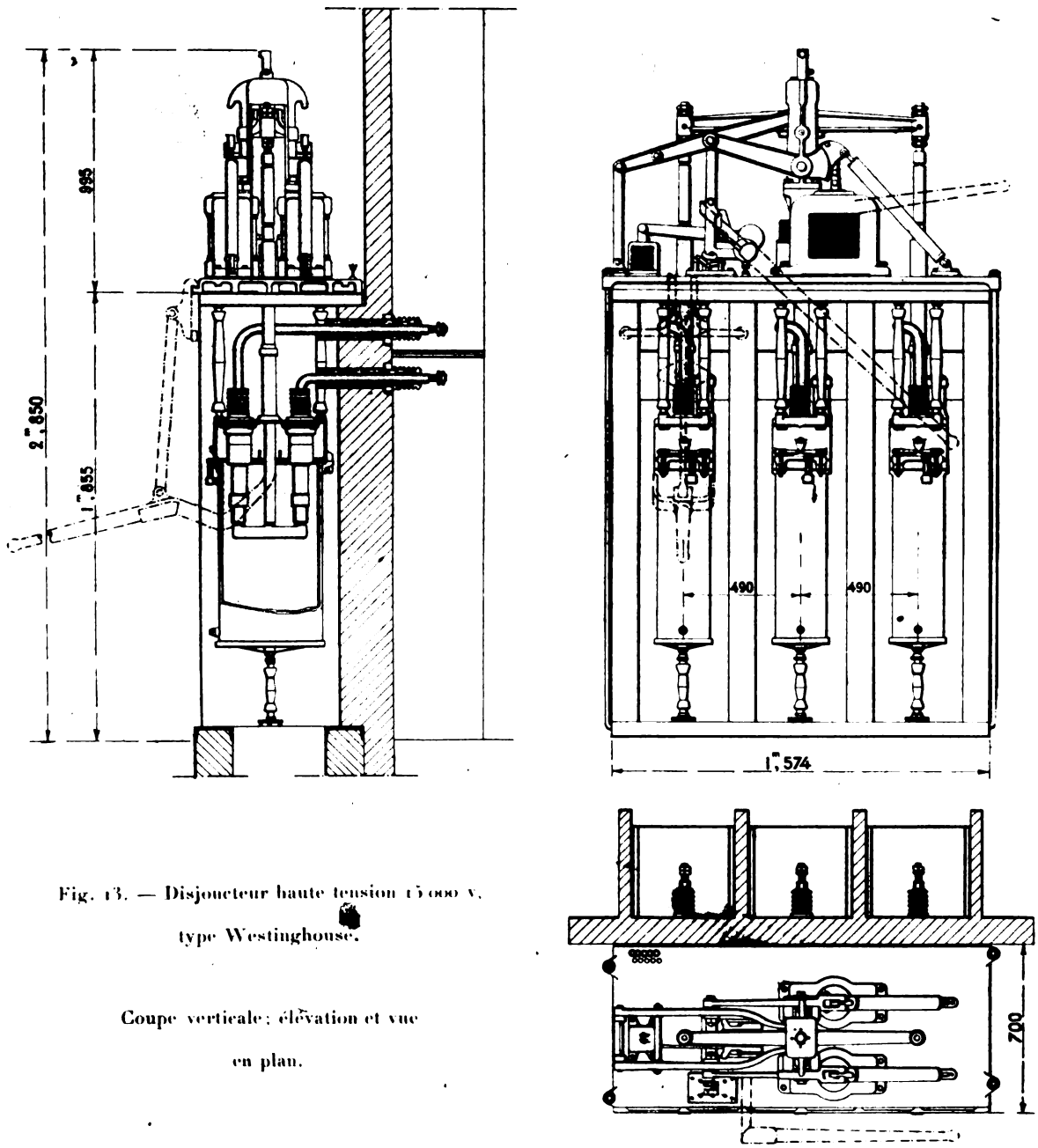


Fig. 13. — Disjoncteur haute tension 15 000 v, type Westinghouse.

Coupe verticale; élévation et vue en plan.

toute chance de propagation d'incendie du fait de ces bobines tout en assurant un excellent refroidissement de l'huile.

Les commutatrices, d'une puissance de 1 500 kw, sont du type hexaphasé, à douze pôles, avec enroulement compound réglable, pôles principaux feuilletés munis d'amortisseurs et pôles de commutation. Elles sont établies pour pouvoir supporter 100 pour 100 de surcharge. Leur poids est de 24 t.

Les figures 11 et 12 donnent des vues de ces commutatrices, côté alternatif et côté continu.

Le système Rosenberg est employé pour le démar-

Digitized by Google

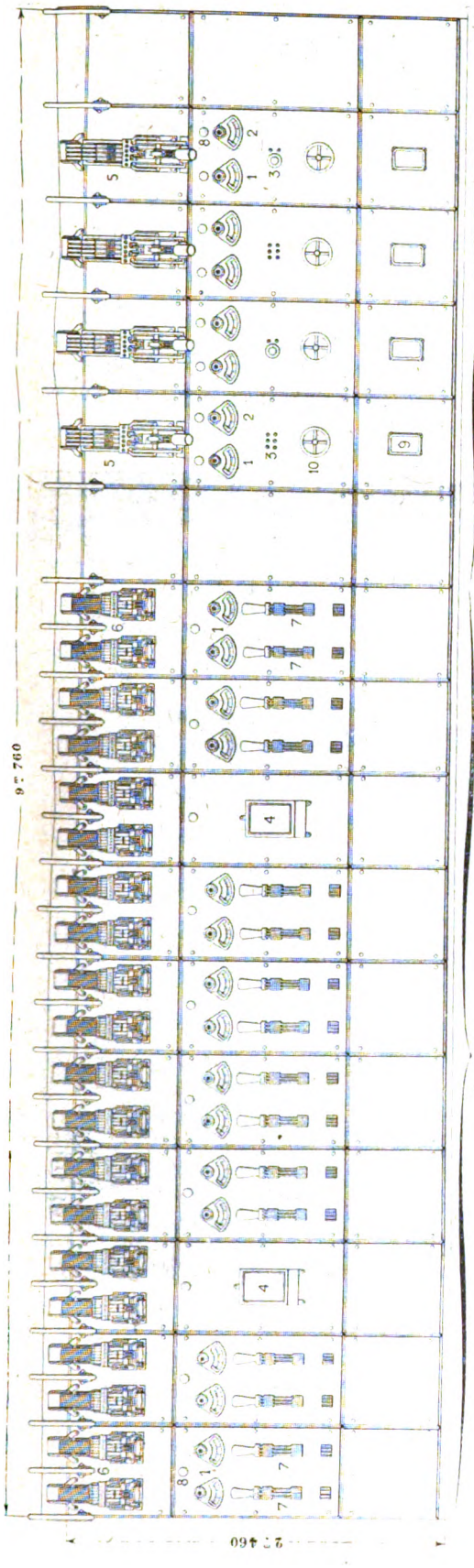


Fig. 14. — Élévation du tableau de distribution basse tension de traction.

1 Ampèremètre courant continu. 2 Id. courant alternatif. 3 Commutateur de voltmètre. 4 Compteur de 15 000 A. 5 Disjoncteur type balai 4 000 A. 6 Disjoncteur type balai 3 000 A. 7 Inverseur unipolaire. 8 Lampe-témoin. 9 Relais à retour de courant. 10 Rhéostat d'excitation.

rage de ces machines : un moteur de démarrage spécial, monté en bout d'arbre, côté alternatif, dont le circuit primaire est monté en série avec l'armature de la commutatrice, permet d'obtenir l'automaticité de la synchronisation. Avec cette méthode, chaque commutatrice peut être démarrée et mise au synchronisme en une minute environ.

Ce démarrage n'absorbe qu'un faible courant sur la ligne : environ 30 pour 100 du courant de pleine charge de la commutatrice. De plus, le renversement de la polarité n'est pas à craindre et il n'y a pas d'étincelles aux balais.

La commutatrice démarrée est ensuite branchée sur les barres-omnibus courant continu 650 v du tableau de distribution de traction dont l'emplacement est indiqué sur la figure 9.

L'ensemble de ce tableau fig. 14 comprend 16 panneaux, 6 pour les commutatrices (4 sont équipées, 2 sont en attente), 8 pour l'alimentation des voies à raison de deux départs de 3000 A par panneau et 2 qui comportent chacun deux disjoncteurs de secours. Ces disjoncteurs permettent de remplacer facilement, à l'aide d'un inverseur unipolaire, l'un quelconque des disjoncteurs normaux ayant besoin d'être isolé pour une cause d'exploitation quelconque : réparation, nettoyage, etc.

Le courant de traction débité est mesuré à l'aide d'un double comptage obtenu par l'interposition de shunts dans les barres générales.

Tous les panneaux de ce tableau sont en marbre bleu turquin de 60 mm d'épaisseur, montés sur une charpente métallique avec partie arrière très largement accessible en vue de la visite et de l'entretien des appareils et connexions de ce tableau.

Les 16 départs mentionnés ci-dessus correspondent aux feeders destinés à alimenter les rails conducteurs des voies électriques. Ils sont constitués par des barres en cuivre nu ayant une section de 800 mm² (4 barres de 50 × 4) et aboutissent à une galerie souterraine qui coupe l'ensemble des voies à desservir.

Les câbles de retour de courant, branchés sur les voies normales, ont la même section. Ils utilisent également cette galerie et viennent aboutir à une barre négative omnibus disposée en sous-sol sous les commutatrices.

Une barre d'équilibre placée parallèlement à cette barre réunit les balais négatifs de toutes les machines.

A suivre.

C. Thomas,

Inspecteur principal au service électrique des chemins de fer de l'Etat.

Digitized by Google

La porcelaine électrotechnique

Dans le précédent article (1) *étaient examinées les matières premières entrant dans la composition de la pâte et de la couverte. Avec celui-ci commence la description des diverses opérations de la fabrication des pièces de porcelaine employées dans l'industrie électrique.*

II. — FABRICATION

La fabrication de la porcelaine comprend plusieurs opérations :

1° Préparation de la pâte ;
2° Préparation de l'émail ;
3° Façonnage des pièces ;
4° Emaillage ;
5° Cuisson ;
6° Vérification.

1° **Préparation de la pâte.** — La porcelaine une fois cuite doit présenter une homogénéité parfaitement rigoureuse. Il est donc nécessaire de mettre les matières premières dans un état tel que cette homogénéité puisse être réalisée. Pour obtenir ce résultat, il n'est pas de meilleur procédé qu'un broyage suffisamment fin.

La finesse de broyage est indiquée par le numéro du tamis. Celui qui est adopté en général est le n° 120, c'est-à-dire que la toile qui forme le fond de l'appareil contient 120 mailles au pouce carré. Pour arriver à un tel degré de finesse, les matières sont d'abord dégrossies sous des meules ou dans des broyeurs à mâchoires, puis passées dans des appareils rotatifs (fig. 3) en forme de cylindre de tôle garnis intérieurement de pavés de silex ou de porcelaine.

Les matières sont mélangées à des galets de mer en silex ronds et elles sortent de ces appareils au bout de quelques heures sous forme de boue très claire que l'on fait entrer dans des délayeurs où elles se combinent avec celles des matières qui n'ont pas besoin d'un broyage préliminaire, par exemple les kaolins lavés ; une fois le délayage convenablement effectué, la boue qui porte le nom de barbotine est recueillie dans des fosses où un agitateur maintient constamment l'homogénéité du mélange ; de cette fosse, les barbotines sont après tamisages refoulées au moyen d'une pompe à membrane dans un filtre presse du type classique (fig. 4) où elles perdent la majeure partie de l'eau qui a servi de véhicule pendant les opérations du broyage.

Au cours de toutes les opérations de transvasement que subissent soit les liquides, soit les poussières, des électro-aimants retirent les particules de fer provenant des matières ou des appareils et qui pourraient amener à la cuisson des taches dans la pâte.

Sortant du filtre-presse les galettes de pâte n'ont pas encore la plasticité requise pour se prêter au finissage ultérieur, on les fait alors passer sur un malaxeur spécial dénommé batteuse (fig. 5).

A la fin de cette opération la pâte à porcelaine ne doit présenter aucun des vides que la juxtaposition des galettes sur la table de la batteuse a introduite ; on dit alors, suivant un terme de métier, que la pâte ne contient pas de « vents ».

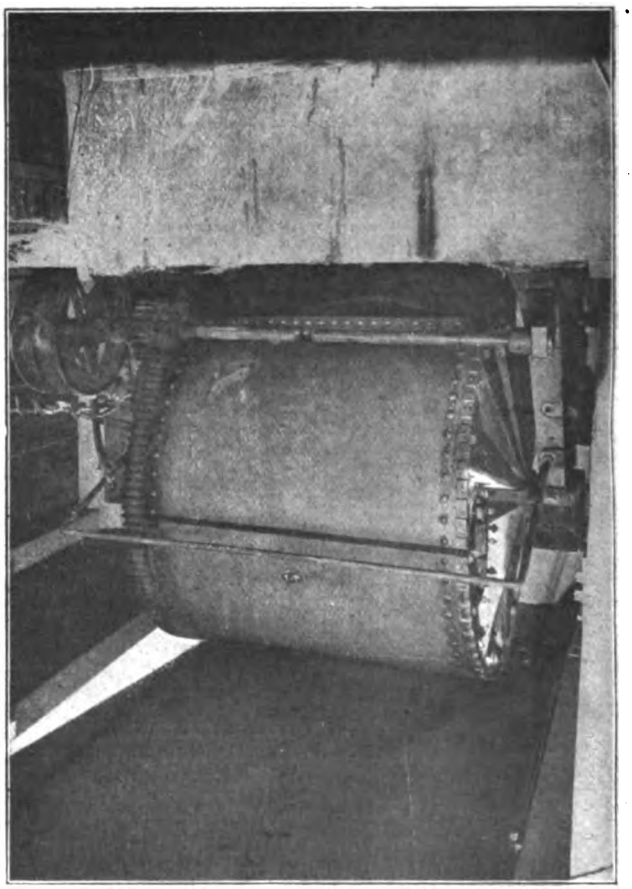


Fig. 3. — Cylindre de broyage.

La fabrication de la pâte ainsi décrite s'applique au cas d'emploi de pâtes molles. Si on doit travailler en pâte sèche ou en pâte délayée ultérieurement, ce qui oblige à passer par l'état sec, au lieu de passer les galettes sur la batteuse, on les porte dans un séchoir jusqu'à disparition de l'eau de fabrication.

(1) *Revue générale de l'Électricité*, 6 janvier 1917, t. 1, p. 26.

Digitized by Google

2° **Préparation de l'émail**. — La préparation de l'émail est identique à celle de la pâte; elle en diffère seulement par la plus grande finesse des tamis qui sont du N° 180. Il en résulte que les temps de broyage des couvertes sont sensiblement plus longs que ceux généralement adoptés pour les pâtes.

3° **Façonnage**. — Les opérations de façonnage de la porcelaine destinée aux usages électriques peuvent se diviser en deux classes nettement différentes :

Façonnage en pâte humide;

Façonnage en pâte sèche.

Le façonnage en pâte humide se divise lui-même en différents procédés :

a) Tournage;
b) Calibrage;
c) Moulage;
d) Coulage.

Le façonnage en pâte sèche ne comprend qu'une opération : le pressage.

FAÇONNAGE EN PÂTE-HUMIDE. — a) *Tournage*. — Le tournage est un genre de façonnage qui comprend deux

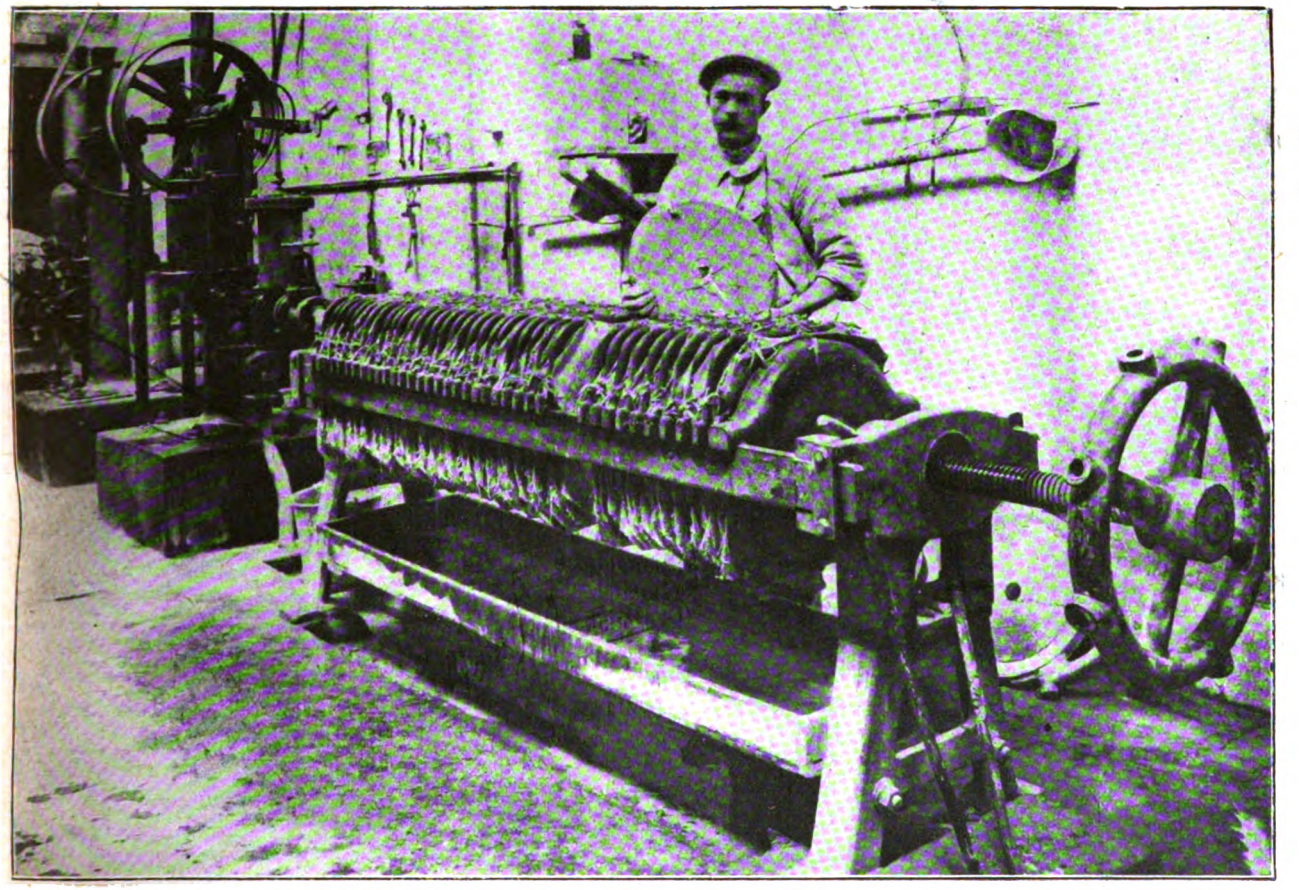


Fig. 5. — Filtre-presse et sa pompe.

opérations : l'ébauche (fig. 6) et le tournage (fig. 7).

Au cours de l'ébauche (fig. 6) l'ouvrier, prenant la pâte sortie de la batteuse, dresse sa balle, c'est-à-dire qu'il met un morceau de pâte sur la tête d'un tour vertical et pendant que ce tour opère sa rotation l'ouvrier serrant légèrement le ballon entre ses mains, tout en les faisant monter et descendre le long de l'ébauche, oblige les molécules de la pâte par la rétention qu'il opère à la surface du ballon à s'orienter. Cette orientation procédant à la fois d'un mouvement circulaire dans le plan horizontal et d'un mouvement rectiligne vertical se fait suivant les spires d'une hélice.

La connaissance de l'orientation des molécules n'est pas en effet indifférente en porcelaine. Cette matière prend, lorsqu'on la cuit, un retrait très sensible qui n'est pas le même dans toutes les directions; un cylindre prend par exemple un retrait de 20 pour 100 sur sa hauteur et de 10 pour 100 sur son diamètre, il en résulte qu'une génératrice décrite sur ce cylindre à l'état cru se transforme en spires d'hélice d'un pas très allongé après cuisson. C'est ainsi que s'explique que les encoches ou les à-plats prévus par les appareilleurs sur certaines porcelaines ne viennent pas toujours rigoureusement à la place où ils ont été envisagés.

La ligne droite, décrite sur un cylindre avant cuisson, fait après cette opération avec la génératrice un angle

Digitized by Google

d'une dizaine de degrés dans le *sens opposé* à celui de la rotation du tour sur lequel l'ébauche a été faite; pour que la ligne en question tienne droite sur l'objet cuit, il suffira donc de la décrire en fabrication décalée de quelques degrés dans le *sens même* de la rotation du tour. Les figures ci-contre (fig. 8, 9 et 10) permettront de comprendre plus facilement cette particularité de métier.

Une fois l'ébauche faite, il est nécessaire de la soumettre à une dessiccation dont la durée varie de 8 jours à 3 semaines suivant l'importance des pièces pour qu'elles puissent subir sur un tour à axe horizontal, dit tour anglais, le travail de tournasage. Dans cette opération la pièce est supportée au moyen d'un mandrin sur lequel elle est emmanchée à force ou maintenue par serrage et attaquée par des outils nommés tournasins de formes appropriées aux profils que l'on veut obtenir.

b) *Calibrage.* — Le calibrage est une opération qui ressemble au tournage précédemment décrit, par le fait que la pâte employée est de même nature, que les machines sur lesquelles le travail se fait sont des tours

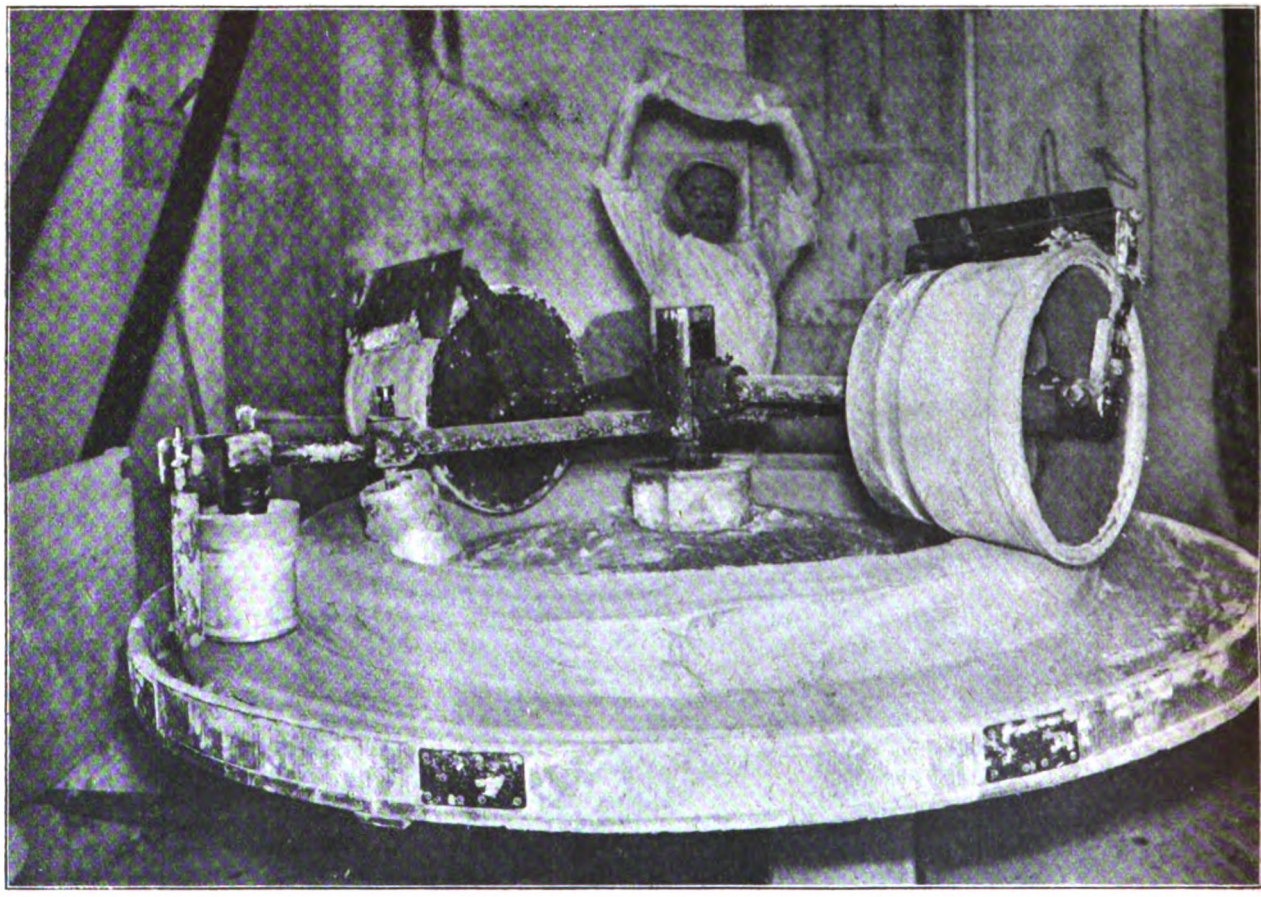


Fig. 5. — Batteuse.

verticaux et horizontaux ; mais elle diffère du tournage, en ce que, pour donner une forme extérieure très approchée aux pièces et par conséquent éviter la plus grande partie du travail de tournasage, on se sert des moules en plâtre dont le profil intérieur concorde d'une façon très approchée avec le profil extérieur de la pièce à obtenir.

La série des opérations du calibrage comprend :

1° Le dressage d'une balle que l'on appelle quelquefois housse surtout lorsqu'elle présente au centre une cavité;

2° La mise de la housse dans le moule;

3° Le tamponnage de cette housse, soit à la main, soit mécaniquement, de façon qu'elle épouse la forme intérieure du moule;

4° Le calibrage proprement dit. Cette opération consiste à placer le moule rempli de pâte sur la tête d'un tour vertical spécialement aménagé et à descendre dans l'intérieur du moule un calibre que l'on appelle estèque qui donne à l'intérieur de la pâte une forme indiquée par le dessin de fabrication.

Une fois le calibrage effectué, il suffit de laisser sécher quelques instants l'objet dans le moule de plâtre. Il se produit un retrait par l'absorption d'eau qui permet le démoulage de la pièce, celui-ci s'effectue en général sur une plaque de plâtre dénommée rondeau où

Digitized by Google

Fig. 6. — L'ébauche.

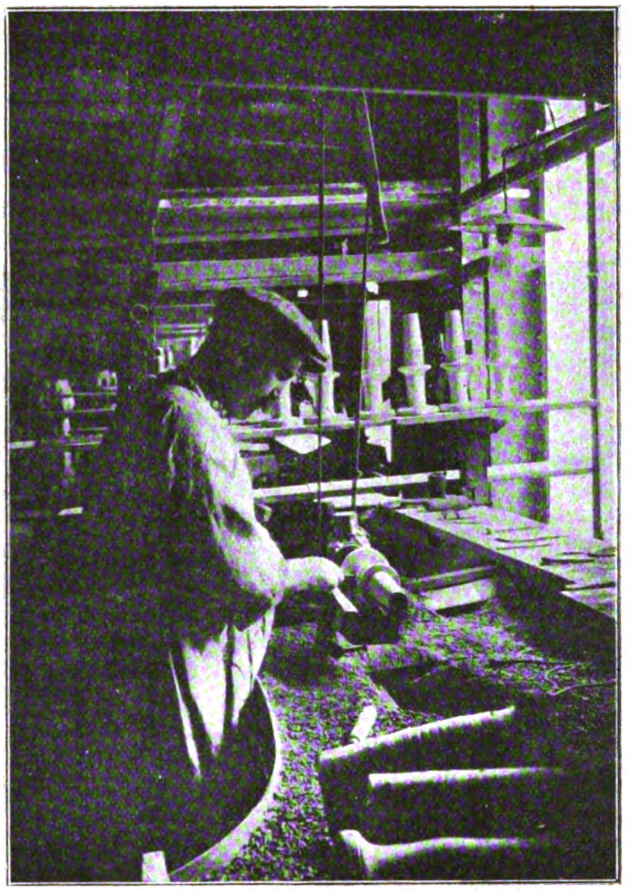


Fig. 7. — Le tournasage.

on la laisse séjourner le temps nécessaire. Il ne reste plus qu'à enlever sur le tour anglais les bavures existant au sortir du moule et à donner à la pièce les quelques coups d'outils nécessités par l'exécution du dessin.

c) ***Moulage.*** — Le moulage est une opération qui a pour but de faire épouser à une balle de pâte molle les formes en creux que présente un moule de plâtre. Cette opération se fait mécaniquement au moyen de presses ou à la main au moyen de tampons. Elle ne présente rien de particulier au point de vue technique, mais sa pratique est excessivement délicate et demande des ouvriers très expérimentés.

d) ***Coulage.*** — Le coulage (fig. 11) est un procédé tout à fait spécial de la céramique. Il repose sur l'état de fluidité que prennent certaines argiles en présence de traces de silicates et de carbonates alcalins.

Ce phénomène est un des plus curieux de ceux auxquels on peut assister dans un atelier de céramique. En effet, par l'adjonction de quelques centimètres cubes de solution appropriée, des masses de pâte de plusieurs centaines de kilogrammes d'une plasticité analogue à celle du mastic de vitrier deviennent brusquement fluides comme une crème claire. Dans cet état, la pâte, qui contient très peu d'eau et qui doit sa fluidité aux traces alcalines qu'on lui a adjointes, se coule très facilement à

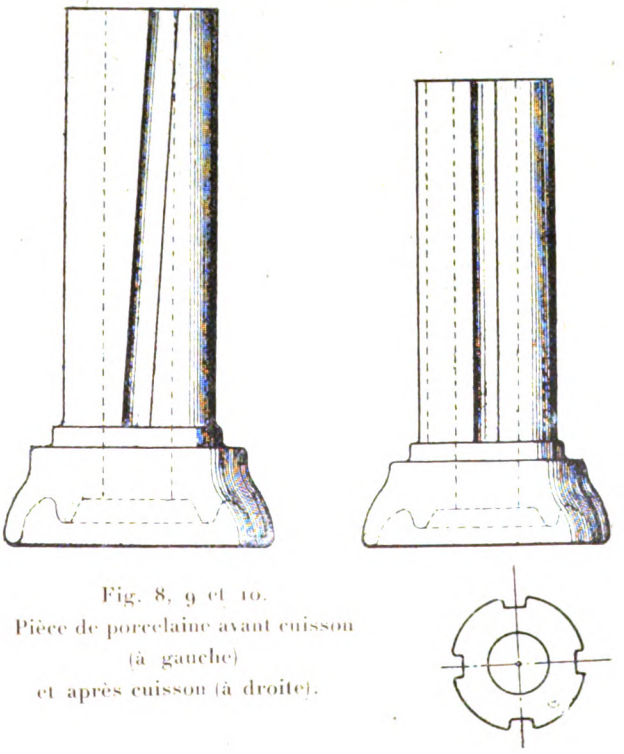


Fig. 8, 9 et 10.
Pièce de porcelaine avant cuisson (à gauche) et après cuisson (à droite).

Digitized by Google

l'intérieur des moules de plâtre où les molécules de barbotine les plus proches de la paroi du moule cédant leur eau de fabrication laissent déposer une pellicule qui forme l'objet. Le surplus de barbotine, dont l'eau n'a pas été absorbée et qui par conséquent est restée fluide, est purement et simplement vidé du moule, soit par renversement, soit par ouverture d'orifices appropriés.

Façonnage en pate sèche. — Le façonnage en pâte sèche ou plutôt légèrement humectée diffère totalement des procédés précédemment décrits. La pâte employée est d'une espèce complètement différente ; elle est employée le plus souvent à l'état de granules, ne contenant pas assez d'eau pour faire corps sous la seule pression de la main et cette pâte est comprimée dans les matrices en métal huilées où elle prend les formes les plus variées. C'est par ce moyen que sont fabriquées la

Fig. 11. — Le coulage.

Fig. 12. — Le découpage.

plus grande partie des pièces de petit appareillage, pastilles, coupe-circuits, interrupteurs, rosaces, etc...

Telles sont les opérations de fabrication proprement dites. Il est évident qu'elles sont chacune suivies de finissages divers, comprenant : des perçages pour l'adjonction des trous; l'ébarbage pour l'enlèvement des bavures; le découpage pour la construction des encoches nécessitées par l'exécution du dessin (fig. 12); le garnissage destiné à rapprocher par collage autogène les différents éléments d'une pièce fabriqués séparément.

(A suivre.)

La Chambre syndicale
de la Porcelaine électrotechnique.

Digitized by Google

L'Extension de la distribution de l'électricité dans les grandes villes

L'extension de la distribution de l'énergie électrique suggère à tous ceux qui en sont témoins une série de réflexions et « d'anticipations » que nous avons essayé de résumer, estimant que la base solide de toute évolution et de toute rénovation morale est liée intimement à l'extension de la puissance économique des nations et la diminution des exigences et des suggestions matérielles. L'électricité nous paraît susceptible d'être le facteur le plus important de cette évolution et notre époque digne de mériter le qualificatif de l' « Age de l'Electricité ».

Les nécessités de la guerre. — Les nécessités qui se sont imposées depuis la guerre ont montré l'obligation dans laquelle nous sommes, individuellement ou collectivement, de rechercher en toutes choses à connaître, sans parti pris, sans esprit de routine, sans préjugés et sans crainte des idées nouvelles, la vérité, dût notre amour-propre en souffrir, nos connaissances se modifier, nos habitudes en être bouleversées. Plus que jamais, une sincérité absolue vis-à-vis de nous-mêmes s'impose, pour nous donner cette clairvoyance indispensable à la prévision des phénomènes et des cataclysmes possibles, ainsi qu'aux moyens d'y parer, d'y remédier.

Notre pays se doit de ne plus être arrêté dans l'utilisation de la bonne volonté générale par l'incompétence ou l'aveu d'insuffisance. Il faut comprendre le présent, prévoir les directrices de l'avenir pour s'y préparer. Chacun doit le faire dans sa spécialité, chacun doit apporter son contingent d'expérience et d'intelligence dans cet effort, secouant son égoïsme ou son « conservatisme », épargnant la critique inutile et souvent nuisible et lui substituant l'émulation, plus favorable aux réalisations immédiates et utiles.

Du rôle de l'électricité. — Des progrès indéniables ont été réalisés dans la distribution et l'utilisation de l'électricité : la guerre en a triplé ou quadruplé les applications, substituant à la routine des éléments de progrès qui ont prouvé leur efficacité.

Mais doit-on se déclarer satisfaits et attendre des événements d'autres obligations pour continuer cette marche en avant; nous ne le croyons pas et nous estimons : que le devoir des électriciens est de populariser, mettre à la portée de tous, faciliter l'usage et l'emploi de l'énergie électrique, qui représente, à l'heure actuelle, la source la plus parfaite, à tous points de vue, de l'utilisation des forces naturelles asservies pour le grand bien du genre humain.

Perfectionner sans cesse les moyens, aller au-devant des besoins nouveaux, prévoir une extension plus rapide et se disposer dès maintenant à y répondre, telle est la ligne de conduite qui nous est tracée.

Un coup d'œil rapide sur la situation actuelle et les éventualités futures sera le plus éloquent appui de cette façon de voir et le plus convaincant.

Ses applications dans les grands centres. — La grande ville, où se condensent les activités et la multiplicité de ces besoins, nous paraît particulièrement favorable à cette étude. On y trouve toutes les applications et, si la grande industrie n'y existe pas, ses éléments sont représentés d'une façon suffisante pour donner à cet exposé le caractère de généralité qui semble nécessaire.

L'énergie mécanique s'y trouve représentée par la traction, les forces motrices des usines et ateliers, et, dans la vie courante, la ventilation, les ascenseurs et monte-charges, les moteurs domestiques représentent l'embryon d'un avenir dont nous reparlerons.

La soudure et l'électrochimie sont à leurs débuts. La lumière, où tant de perfectionnements sont encore à espérer, a pris une place encore insuffisante mais que tout permettra de développer.

Le chauffage n'existe pour ainsi dire pas, et cependant tout permet de prévoir son extension le jour où nous saurons l'utiliser sans gaspillage inutile.

Les signaux, contrôles, appels, régulation du temps, l'enregistrement des phénomènes, et les applications infinies de la télégraphie, téléphonie, commandes à distance nous laissent des perpectives formidables.

La médecine a trouvé là un agent thérapeutique puissant et contrôlable, scientifique, et chaque jour elle en multiplie les applications.

La météorologie lui demande des éléments d'investigation. Les besoins de chaque jour réclament son aide de tous les instants.

« L'age de l'électricité ». — Que pouvons-nous faire pour faciliter cette extension à l'infini qui s'impose à nous? Quel est notre programme de demain? Quelle doit être notre organisation? Comment pourrons-nous pratiquement fournir l'énergie électrique sous la forme la plus apte à se plier aux exigences modernes et passer du présent à l'avenir sans entraver les espérances que nous pouvons fonder sur celui-ci? Comment pourrons-nous être dignes de cet « Age de l'Électricité » qui vient de commencer.

La force motrice et les moteurs électriques. — Chaque problème particulier comporte sa solution; mais, envisageant d'une façon générale les différents points signalés, nous allons essayer d'en proposer la réalisation.

Si, tout d'abord, nous jetons les yeux sur la force motrice, c'est à une véritable révolution que nous assistons. La guerre s'est étendue jusqu'aux moteurs et la défaite

Digitized by Google

la plus complète est enregistrée pour les moteurs à vapeur, les moteurs à gaz de ville, à gaz pauvre. Les moteurs à combustion sans explosion ont dû être abandonnés dans de nombreux cas, les grosses unités sont devenues insuffisantes partout. Le moteur électrique a tout envahi, tout remplacé. Les nouveaux ateliers se sont montés et se montent sans transmissions coûteuses, inutiles, encombrantes, dangereuses; partout des moteurs électriques de toutes puissances, dans toutes les positions, se multipliant suivant les besoins et la progression de la production, n'encombrant pas, laissant disponible la totalité des surfaces, restreintes souvent, dont l'industriel dispose, consommant en proportion de l'effort demandé, faciles à déplacer, remplacer, réparer, s'amortissant en vingt ans et plus, admettant des surcharges, tournant jour et nuit sans arrêt ou déréglage, sans entretien, presque pas de graissage, avec une consommation à vide insignifiante, intégrant exactement la demande, à tel point que le cheval-heure moyen, qui était aussi économique par le gaz pauvre lorsque le charbon coûtait 20 à 22 francs la tonne, est à l'heure présente quatre fois meilleur marché.

L'installation en est d'une rapidité sans égale, ainsi que le déplacement, et la demande en a été telle que les prix en ont doublé, malgré une fabrication reprise sur une grande échelle et des importations nombreuses.

Ce n'est plus seulement le petit moteur d'atelier qui a disparu, la petite force motrice, mais les unités de 100, 200, 500 ch jusqu'à 5 000 qui sont devenues tributaires de la distribution centralisée.

Comment, en effet, un industriel avisé peut-il conserver des transmissions mécaniques dont la consommation à vide représente à elle seule parfois la moitié de sa dépense totale de charbon, être dépendant de la fourniture de combustible, en constituer des stocks, garder chauffeurs et mécaniciens, avoir les suggestions s'attachant aux moteurs thermiques : d'emplacement, de responsabilité, de difficultés avec le voisinage, de dépenses d'eau, d'huile; comment peut-il ajouter aux soucis de son industrie ceux d'un à-côté où, dans la plupart des cas, il ne s'est pas spécialisé, alors qu'il trouve à sa porte un réservoir de puissance infinie, où il puisera suivant ses besoins, à son heure, parallèlement à l'extension de son commerce, en raison de sa production, sans qu'un accident puisse arrêter autre chose qu'une faible partie de son atelier et se réparer en quelques heures sans connaissances spéciales, où sa consommation est contrôlable jour par jour, à chaque instant, où ses prix de revient s'établissent avec une exactitude inconnue jusqu'alors, où il peut exercer, au moyen d'enregistreurs, de véritables surveillances sur sa production, échappant aux difficultés du personnel « indispensable », où l'extension de l'automatisme est facilitée au maximum et la main-d'œuvre réduite et contrôlée. Seuls les moteurs électriques lui permettent les orientations les plus commodes pour le travail, compatibles avec la meilleure utilisation du terrain occupé, le transport de la puissance utile dans les étages, sans besoin de constructions spéciales, sans trépidations dangereuses, les utilisations directes de vitesses plus considérables vers lesquelles tendent les outils modernes, sans renvois ou multiplications, la non-fixation des machines-outils, leur indépendance mutuelle.

Plus de gaspillage inutile d'énergie. Quel moteur peut lutter pour le rendement avec le moteur électrique?

Et comme rendement massique ne reste-t-il pas, industriellement, le premier? Si nous parlons alors du prix d'achat et de l'amortissement, il prend encore la première place sans conteste et s'use au minimum.

Malgré ses avantages multiples, il a fallu les besoins pressants de la guerre, la marche jour et nuit, l'extension de la production pour imposer à la routine industrielle toutes ces vérités. Que sera demain?

Non seulement le développement continuera, mais nous devons le faciliter de toutes nos forces :

En multipliant les canalisations de distribution;

Réduisant au minimum les prix de vente;

Facilitant les installations nouvelles;

Diminuant les exigences au strict nécessaire de la sécurité générale;

Étudiant les moyens de réduire les prix d'achats, en réduisant le coût de fabrication par la production en grandes séries, l'usinage en grande quantité;

Trouvant des moteurs plus simples encore;

Supprimant les accessoires par des constructions appropriées et surtout conservant cette idée que nous sommes loin d'avoir atteint la perfection et que de nombreuses découvertes sont à faire dans ce domaine, tant pour le moteur lui-même que dans la façon de l'utiliser.

La traction. — A côté du moteur d'usine, se trouve la traction, et si nous nous reportons à une dizaine d'années en arrière, nous voyons que de ce côté on a fait beaucoup; mais il reste encore plus à faire, et si l'on a développé le trafic des voyageurs dans des proportions inattendues, que ne reste-t-il pas à faire pour celui des marchandises jusqu'alors délaissé. Quel gaspillage là encore par manque d'organisation, de centralisation : ce va-et-vient de voitures avec des chargements faibles, chacune avec leur cocher, leur cheval, leur vitesse ridicule, leur encombrement. A quand les trains de marchandises urbains? Devrons-nous encore aller chercher, dans l'imagination fertile de romanciers, des inspirations pour des améliorations que le simple bon sens suggère? Aurons-nous peur des idées nouvelles et hardies et attendrons-nous du dehors l'exemple? J'ose espérer que non, que nous saurons grouper les intérêts communs pour permettre de réaliser de grands projets d'ensemble dans un bref délai et faciliter les échanges, la vie de chaque jour, en n'hésitant pas à fournir les éléments de premier établissement et d'exploitation à toutes améliorations possibles.

Les perfectionnements. — L'alimentation indépendante du moteur électrique reste encore à trouver pratiquement et économiquement, mais les accumulateurs, les piles à charbon nous apporteront demain une

Digitized by Google

solution, à moins que ce soit à la télémécanique que nous la demandions.

Les propriétés magnétiques des métaux sont augmentées dans des proportions inconnues lorsqu'ils sont soumis à des températures très basses (air liquide ou similaires). Qui nous dit qu'il n'y a pas là une voie nouvelle vers des rendements massiques plus stupéfiants, la construction pratique de solénoïdes permanents, notre première réalisation du mouvement perpétuel, dans nos limites d'observations.

La diminution des pertes dues aux résistances ohmiques sera améliorée dans cette voie, comme la réduction des résistances mécaniques s'obtiendra par l'étude du milieu approprié (fonctionnement dans le vide ou autre).

L'audace des conceptions, jointe à la ténacité dans la réalisation, nous donnera des résultats surprenants comme les temps actuels nous en fournissent chaque jour des preuves convaincantes.

La génération purement mécanique de l'énergie électrique peut faire de considérables progrès, les rendements sont loin du maximum et la voie reste ouverte aux chercheurs. L'utilisation des forces naturelles, autres que celles de combustion, commence à peine, et l'énergie naturelle, encore gaspillée de tous côtés, peut être progressivement et rapidement canalisée. Et il en faut pour l'industrie, comme pour la vie privée.

L'ÉLECTRICITÉ DOMESTIQUE. — Le progrès nécessaire à réaliser dans ce domaine, plus mal exploité que tous les autres, est cependant des plus intéressants, puisqu'il supprime quantité d'efforts et de temps perdu à des besognes mercenaires que le mécanisme le plus simple réaliserait aisément. L'étude de la maison moderne est à faire entièrement et les essais embryonnaires présentés jusqu'alors sont de simples curiosités enfantines, au même titre que les premiers jouets de Trouvé au début de l'électricité.

Mille besognes journalières peuvent être simplifiées, réalisées avec moins d'effort et mieux. C'est d'hier que le pétrin mécanique a remplacé le travail du boulanger, pour le plus grand bien de cet ouvrier et de notre hygiène. La blanchisserie s'industrialise aussi, mais combien lentement. Seuls les grands hôtels et les grands restaurants lavent leur vaisselle mécaniquement. Le balayage mécanique est à ses débuts, au dehors comme au dedans. Le nettoyage des murs ou leur peinture sont tributaires des vieilles méthodes. Les escaliers élévateurs ont été lancés comme moyen de réclame par les grands magasins. Les tapis transporteurs restent utilisés pour le transport de minerais, pourquoi pas de mille autres matières? Des transports aériens se multiplient pour les grosses exploitations, mais pas pour les petites, pourquoi? Tout dans la vie courante appelle le mécanisme : la machine à écrire ou à calculer commence à posséder son moteur électrique à commandes automatiques, les phonographes enregistreurs de la parole aussi, mais combien d'autres applications devront encore révolutionner l'industrie comme les bureaux, la maison comme l'appartement, et seule, l'électricité, source universelle de transport et de distribution de l'énergie, sera capable de le fournir et permettra de le réaliser.

La maison sans électricité deviendra un mythe, une anomalie, comme la maison sans eau, et l'énergie subira toutes les métamorphoses imposées par les besoins. Le domaine de l'hygiène s'en réclamera au même titre que l'application médicale, et le côté culinaire y gagnera en précision et perfection. Le chauffage sera même judicieusement étudié avec la ventilation rationnelle et l'on réalisera l'épuration et le renouvellement de l'air que nous respirons, dans des conditions déterminées, favorables à l'équilibre de notre santé. Les à-côtés de la vie sortiront de la voie routinière, comme l'industrie a été obligée de le faire auparavant. Celle-ci d'ailleurs ne poursuit-elle pas son évolution sous la pression des événements et des besoins : combien d'applications à peine sorties du laboratoire sont en pleine activité?

L'ÉLECTROMÉTALLURGIE. — L'électrométallurgie produit, depuis peu, par milliers de tonnes : le fer, l'acier spécial, les métaux rares, dans des fours électriques décuplés en nombre et en puissance pour les besoins de la guerre.

La constance des produits obtenus, leur pureté, la rapidité apportée à la fabrication, font l'étonnement de ceux qui avaient jusqu'alors concentré leur seule attention sur les anciens procédés. La soudure électrique apporte, par un renouveau qui a convaincu la routine, la solution élégante aux multiples problèmes de la chaudronnerie, la bouclerie et cent autres industries pour lesquelles l'obligation de produire vite et en grandes quantités fit penser à rechercher des procédés nouveaux et rapides. La chimie a demandé à l'énergie électrique son appui pour les transformations de la matière, le laboratoire est devenu usine, les procédés de fusion, de fixation, de séparation, d'épuration, de raffinage sont tributaires de l'électricité; l'on a osé consacrer les capitaux nécessaires à leur mise au point industrielle, et nous ne sommes qu'au début de cette évolution commençante qu'il faudra soutenir, continuer, multiplier pour apporter à notre industrie et à notre agriculture les produits dont elle a sans cesse besoin. Il ne faudra plus nous laisser dépasser dans le domaine de la réalisation pratique par ceux qui, trop souvent, n'étaient que les plagiaires tenaces de nos idées géniales, restées improductives. Quand l'industriel comprendra-t-il enfin que, payer un savant dans son laboratoire, c'est préparer la semence plus parfaite qui germera ensuite plus belle, d'un plus grand rendement, d'une valeur plus certaine? Quand l'industriel saura-t-il se détacher des contingences immédiates pour penser à l'avenir, améliorer sans attendre la concurrence, pour toujours garder son avance? Quand prendra-t-il des ingénieurs-conseils, des chimistes, des essayeurs? Quand établira-t-il des programmes de grande envergure, quitte à les réaliser en groupements, s'ils dépassent ses possibilités?

Digitized by Google

L'ÉLECTRICITÉ PARTOUT ET POUR TOUT. — Les temps actuels sont favorables à cette évolution et l'électricité la facilitera par la souplesse même de ses transformations. Mais *il faut qu'elle soit mise à la portée de tous facilement, comme un élément de première nécessité.* Des efforts ont été tentés dans ce sens de populariser son emploi. Ils ont rencontré de l'approbation et de la critique, justifiées partiellement l'une et l'autre, mais faussées trop souvent par ces vues personnelles immédiates qui vicient nos jugements. Quoi qu'il en soit, les opinions eurent bien peu de valeur devant la grande loi de la nécessité parlant plus haut et plus absolument que tous... et les usines génératrices se sont trouvées de plus en plus chargées, les canalisations aussi, ouvrant des perspectives d'un avenir devançant les plus optimistes de toutes les prévisions.

SA DISTRIBUTION. — Distributions bifils ou polyfils, basse ou haute tension, donnent leur maximum de rendement, et leur extension immédiate s'impose; la force motrice s'est multipliée et doit se multiplier plus encore devant la raréfaction de la main-d'œuvre, l'automatisme des outils, l'exigence des productions intensives; l'éclairage suit, l'atelier pour produire en exige des quantités inconnues jusqu'alors, le rendement suit sa progression.

Les filaments poussés donnent économiquement la lumière éclatante qui fait l'atelier ou l'usine plus clairs la nuit que le jour. Tout immeuble ordinaire représente une puissance employable de 15 à 20 kw. Tout immeuble industriel varie de 25 à 100 kw. Toute usine réclame de 50 à 5000 kw pour les plus importantes, là où les machines à vapeur ou à gaz pauvre de 30 à 100 ch suffisaient ou constituaient la « grosse industrie ».

Peut-être pensera-t-on que semblable expérience permettrait de trancher de façon définitive le genre de distribution auquel nous devrions définitivement nous rallier? Il n'en est rien. Le courant continu a ses partisans et se justifie au même titre que le courant alternatif. L'un et l'autre fournissent de l'énergie transformable, et, dans le cas de transport à haute tension, le courant polyphasé présente une solution simple mais pas forcément économique, en raison des phénomènes secondaires amenés par les marches à vide ou à faible charge.

La lumière ne peut nous départager de meilleure façon et la lampe à incandescence, indifférente au courant qui la traverse, brille d'un même éclat pour la même puissance dépensée.

Pourrait-on séparer les réseaux de lumière de ceux de force motrice, réservant à ces derniers les tensions industrielles plus élevées, favorables aux moteurs puissants utilisés de plus en plus? Question difficile à déterminer, surtout si l'on part simplement du point de vue économique de la meilleure utilisation du cuivre ou bien de contingences d'exploitations telles que règlements, régulations, etc.

Autant de problèmes complexes à résoudre par espèces pour s'assurer de solutions raisonnables et justes. Toutes les questions de tarifications, d'horaires, d'utilisation instantanée reviennent avec plus d'acuité que jamais, sans pouvoir être réunies par une ligne commune et définie; mais l'on sent qu'un esprit large est nécessaire et un désir de multiplier à l'infini le développement des applications de l'énergie électrique indispensable.

L'ÉLECTRICITÉ, FACTEUR D'ÉVOLUTION. — Nulle besogne, nul effort, nulle manipulation ne doit être réalisée manuellement si son exécution peut être faite par l'électricité. Réservons à l'homme les travaux conscients et intelligents, nous déchargeant sur cette merveilleuse puissance de l'élaboration de toute la partie matérielle de notre existence. L'homme pourra d'autant mieux s'élever qu'il échappera à la dégradation du travail machinal et routinier pour passer à l'effort créateur. Facteur matériel et moral d'une évolution puissante, l'électricité ne fait que commencer le rôle qui lui est dévolu et nous devons sans répit le lui faciliter avec toute notre intelligence.

R. RAYMOND,
Ingénieur E. P. C.

Revues, analyses et informations

Les matières de remplacement pour l'électrotechnique en Allemagne.

On s'occupe beaucoup en Allemagne de remplacer certaines matières impossibles à se procurer, ou devenues rares par suite des réquisitions de l'autorité militaire et que l'on nomme « Sparstoffen », c'est-à-dire matières à épargner, par d'autres produites dans le pays, que l'on appelle « Ersatzstoffen », matières de remplacement. M. Dettmar a fait au sujet des matières de remplacement, employées en électricité, une conférence à l'assemblée générale de la « Elektrotechnischer Verein » qui s'est réunie en juin à Francfort, à l'occasion du vingt-cinquième anniversaire de l'exposition d'électricité de cette ville. Cette conférence n'a été publiée que dans le numéro du 12 octobre de l'« Elektrotechnische Zeitschrift », car elle a dû, au préalable, être examinée par la censure militaire.

L'auteur donne d'abord un tableau indiquant les principales propriétés des métaux que l'on peut employer comme conducteurs, le cuivre, l'aluminium, le magnésium, le zinc, l'élektron (voir plus loin), le fer et l'acier, et dit ensuite :

Dès la fin de 1914, on s'occupa des propriétés du zinc. On réussit bientôt à obtenir des fils de zinc, mais on constata

Digitized by Google

beaucoup de cas où le métal était cassant et sensible aux variations de température. Ces inconvénients furent beaucoup atténués par l'emploi de métal pur et par un traitement préalable approprié. Cependant la faible résistance mécanique et le point de fusion peu élevé du zinc seront toujours un obstacle à l'emploi général de ce métal et il faudra un soin particulier dans l'établissement des contacts.

Au commencement, on fabriquait les barres collectrices en zinc, en les découpant dans des tôles; actuellement on les construit directement en morceaux de grande longueur, ce qui est important pour les transformateurs et les machines. La conductibilité du zinc est ordinairement comprise entre 15 et 17, une bonne moyenne est 16. Certaines sortes de zinc sont moins bonnes que les autres; on est arrivé à avoir du zinc qui, au point de vue de la résistance au ploiement, est tout à fait égal au cuivre. Des fils de 1 à 2 mm de diamètre peuvent être ployés 20 fois autour d'une tige de 1 mm de diamètre et un fil de 3,5 mm également 20 fois autour d'une tige de 3,5 mm de diamètre.

Il semble que la pénurie de l'aluminium se fait moins sentir actuellement en Allemagne que l'année dernière, car le conférencier en recommande l'emploi mais cependant d'une manière modérée. Il dit:

Il faut apporter une attention particulière à l'emploi de l'aluminium, non seulement pendant la guerre, mais après. Après la guerre nous devrons nous efforcer à utiliser de l'aluminium, au lieu de cuivre que l'on importe de l'étranger et il sera intéressant de réunir des documents à ce sujet. L'aluminium pourra être employé pour les conducteurs nus et isolés, pour certains enroulements de machines, de transformateurs et d'appareils.

M. Dettmar examine ensuite en détail l'emploi de matériaux de remplacement, dans les divers cas.

1° Conducteurs nus. — Dans le cas de conducteurs en fer pour courant alternatif, le « skin effect » est particulièrement nuisible; on ne peut pour cela employer des conducteurs massifs que pour des sections très faibles. Pour des sections un peu fortes, il faut employer des câbles, et à cause du danger de l'attaque par la rouille, on ne doit pas descendre au-dessous d'un diamètre de 1,5 mm et n'utiliser que des fils de plus de 3 mm de diamètre à cause du « skin effect ». Le mode de torronage a une grande importance. Le choix de la qualité du fer est également très important; comme avec une résistance mécanique croissante l'effet skin va en diminuant et que, d'autre part, la résistance électrique augmente, dans chaque cas particulier il y a une solution spéciale. Il faut que les joints soient soigneusement faits et à l'abri de l'humidité; les joints d'un conducteur en fer avec des conducteurs en cuivre ou en aluminium doivent être particulièrement bien établis.

Au commencement, on avait craint l'attaque des canalisations en fer, par suite des intempéries; mais le hasard a voulu que l'on ait construit des canalisations en fer depuis 10 à 20 ans, et celles-ci ont bien résisté; il en est de même des filets de protection, utilisés depuis 15 ans.

Deux importantes maisons fabriquent des câbles ayant à l'intérieur des âmes de fer ou d'acier et par-dessus des fils de zinc, de sorte que ces conducteurs mixtes ont à la fois la haute conductibilité du zinc et la grande résistance mécanique du fer. On construit de tels câbles qui ont des sections de 2,5 à 150 mm². Un câble de fer de 70 mm², qui a à peu près la même résistance qu'un câble mixte de 50 mm², a, pour 70 A, une augmentation de résistance de 39 pour 100, tandis que pour le câble mixte elle est de 22 pour 100 seulement.

Pour 120 A les chiffres correspondants sont 29 et 13. On a émis des doutes sur la durée des câbles mixtes, mais il semble que ceux-ci ne sont pas fondés, car en Amérique on a obtenu de bons résultats avec des câbles mixtes en acier et en aluminium.

En général, il n'est pas question d'employer des câbles de zinc pour les canalisations aériennes, quoique, dans certains cas, on en ait posé avec succès, mais les points d'appui doivent être trop rapprochés.

Quand on emploie des conducteurs en zinc, placés directement dans la terre, il faut les entourer de papier ou d'autres substances fibreuses imprégnées ou les placer dans une gaine en plomb.

Sur le chemin de fer de banlieue Berlin-Lichterfeld, on a remplacé avec succès l'éclissage électrique fait avec des conducteurs en cuivre, en recouvrant les extrémités des rails et les éclisses d'une couche de zinc, en utilisant le procédé Schoop.

La résistance du joint est à peu près la moitié de celle d'un éclissage électrique et depuis six mois le dispositif s'est très bien comporté.

Dans ces derniers temps, les canalisations de prise de courant des chemins de fer électriques, en fils de fer, ont eu beaucoup de succès; les difficultés rencontrées au commencement, dues à la mauvaise qualité des matériaux, ont été surmontées. Les rapports de la Société des tramways électriques de Hambourg montrent que les canalisations en fer ont donné d'excellents résultats.

On a employé avec succès des conducteurs en fer, pour des grues et des ponts roulants. Les conducteurs pour prises de courant sont en fer profilé.

On peut employer le magnésium pur pour les barres collectrices; celui-ci a une conductibilité égale à 22. On peut également employer avec avantage de l'aluminium. Dans le cas de courant alternatif, on doit subdiviser les barres de fer à cause de l'effet skin.

On emploie avec succès le fer pour les lignes téléphoniques de faible longueur.

2° Canalisations isolées. — Pour celles-ci il s'agissait du remplacement, non seulement du conducteur, mais encore des isolants. On a employé des conducteurs armés isolés au papier. On a pu remplacer le coton par un mince ruban de papier enroulé. L'épaisseur des gaines de plomb des câbles au papier a été diminuée afin d'épargner du plomb. On a employé avec succès du fer pour les câbles téléphoniques, et on le fera encore après la guerre.

3° Matériel d'installation et appareils. — On a pu employer du zinc et du fer et aussi dans certains cas du magnésium pur, du métal léger nommé élektron (10 pour 100 d'aluminium, 90 pour 100 de magnésium), du magnalium (90 pour 100 d'aluminium et 10 pour 100 de magnésium) et du duralumin (1) (91 pour 100 d'aluminium et 9 pour 100 de cuivre). L'élektron est facile à travailler, et non magnétique, on l'emploie avec avantage pour fabriquer des vis, etc.

On a construit en fonte, des douilles pour lampes à incandescence, et des résistances liquides pour démarrage de moteurs. On a employé de la fonte, du fil de fer zingué, des alliages de fer, de la silite, des lampes à incandescence, comme résistances. Les tubes dans lesquels on place les conducteurs, dans les installations, ont été zingués au lieu d'être pourvus d'une couche de plomb.

4° Armatures pour lampes. — On a employé avec succès du fer, du zinc et même du bois.

(1) *La Revue électrique*, 1912, t. XVIII, p. 399.

Digitized by Google

5° Instruments de mesure et compteurs. — Les enveloppes ont été faites en fer ou en zinc, au lieu de laiton; le fer a l'avantage de former écran magnétique.

L'acier au tungstène des aimants permanents a été remplacé par de l'acier au chrome qui lui est peu inférieur au point de vue magnétique. On emploie parfois du plomb durci par un alliage d'antimoine, ou utilise au lieu de celui-ci du sodium ou du calcium.

Pour les disques, au lieu d'aluminium on peut employer du magnésium pur ou de l'élektron. L'emploi des compteurs de guerre dans lesquels le cuivre est remplacé par d'autres métaux a été autorisé par l'Institut d'Empire.

6° Machines et transformateurs. — Le calcul et l'expérience ont montré que, malgré les prévisions, dans beaucoup de cas, on pouvait employer des métaux de remplacement. On a d'abord construit des transformateurs avec enroulements en zinc : la puissance est diminuée de ce fait d'environ 30 pour 100. On alla plus loin et on construisit des moteurs à courant alternatif avec enroulements en zinc, leur puissance est de 30 à 60 pour 100 de la puissance obtenue avec des enroulements en cuivre. On a également employé le zinc pour les enroulements des inducteurs des dynamos à courant continu. Le cuivre des collecteurs a été remplacé par du fer. La puissance était diminuée de 20 pour 100 et, quand les enroulements d'induits étaient en zinc, de 50 pour 100. Dans toutes les machines construites avec ces métaux de remplacement, le rendement est moindre, et dans les moteurs à courant alternatif le facteur de puissance est également diminué.

Plus tard, quand les conditions concernant l'aluminium ont été un peu meilleures, on a employé ce métal pour les enroulements des machines et les résultats ont été meilleurs. La puissance des machines et des transformateurs n'est diminuée que d'environ 20 pour 100.

La commission des règles normales n'a d'abord édicté des règles que pour l'emploi du zinc, et elle a attendu les résultats d'expériences entreprises pour en établir de nouvelles, qui paraîtront bientôt. D'après les prévisions, les enroulements des moteurs à courant alternatif de moins de 0,3 kw devront être en cuivre. Pour 0,3 à 10 kw, en aluminium, pour 10 à 80 kw, en zinc, et pour des puissances supérieures, entièrement en aluminium. En général, les bagues peuvent être en fer. Pour les machines à courant continu d'une puissance inférieure à 2 kw, on ne doit employer que du cuivre; pour des puissances de 2 à 35 kw, on peut employer de l'aluminium; excepté pour l'induit des machines d'une puissance inférieure à 10 kw, le collecteur peut être en fer. Pour des puissances de 35 à 75 kw, on emploiera le zinc pour les enroulements inducteurs, et de l'aluminium pour ceux de l'induit et du fer pour le collecteur; pour des machines de plus de 175 kw, les enroulements inducteurs seront en aluminium et ceux de l'induit, ainsi que le collecteur, en cuivre. Pour les transformateurs, on pourra employer l'aluminium jusqu'à une puissance de 15 kv-a; jusqu'à 250 kv-a du zinc, et pour des puissances supérieures de l'aluminium.

On a employé avec succès l'isolement dû à une couche d'oxyde pour les enroulements en aluminium, comme on le faisait depuis longtemps pour les moteurs de traction. Pour les paliers, on emploie les métaux indiqués dans le paragraphe 11 c plus loin. On emploiera de plus en plus des paliers à billes.

On a remplacé l'acier au nickel par de l'acier au manganèse.

On a remplacé, dans les charbons, le bronze, par d'autres métaux, ou bien employé des charbons d'autre qualité; mais la quantité de bronze épargnée est si faible, que dans beaucoup de cas on peut se dispenser de le remplacer.

7° Appareils pour faibles courants. — Dans beaucoup de ceux-ci on a pu employer du zinc ou des tôles de fer zinguées, pour remplacer le cuivre ou ses alliages.

On a pu utiliser des boîtes en fer fondu ou en tôle de fer zingué particulièrement dans le cas où elles doivent être étanches. On a remplacé les enveloppes en laiton par de la fonte dure. Afin de faciliter le travail, les trous des vis de consolidation sont ensuite percés dans des pièces de fer doux, qui ont été encastrées dans la fonte. Quand, comme dans les paratonnerres, on ne peut éviter complètement l'emploi du laiton, on réalise une économie en recouvrant une pièce en fer d'une plaque mince de laiton. On a remplacé le nickelage par le cobaltage ou bien par un revêtement de zinc enduit d'un vernis approprié. Le maillechort a été remplacé, dans beaucoup de cas, par de l'acier. On a construit en acier beaucoup de pièces qui autrefois étaient en fonte d'aluminium.

Pour l'isolation, elle sera traitée plus loin.

8° Aimants. — Comme on l'a vu, on a remplacé l'acier au tungstène par de l'acier chromé.

Il a été souvent possible de remplacer l'enroulement en cuivre des électro-aimants par du zinc; mais on a dû augmenter la ventilation ou la surface de refroidissement. Une grande fabrique construit des électro-aimants pour transports avec enroulements en zinc, qui sont munis de moteurs actionnant des ventilateurs pour assurer le refroidissement.

On emploie aussi beaucoup d'enroulements en aluminium avec isolement par la couche d'oxyde à la surface.

Dans de tels électro-aimants, il faut souvent protéger l'enroulement contre des détériorations mécaniques; on employait du bronze, du laiton ou de l'acier au nickel, maintenant on emploie du zinc, recouvert au besoin d'une tôle d'acier, ou de l'acier au manganèse.

9° Paratonnerres. — Dans ces derniers, on peut sans inconvénient employer du fer au lieu de cuivre, il faut seulement veiller à ce que l'on établisse de bons contacts.

10° Emplois divers. — a) *Prises de courant.* — Dans les tramways, on peut utiliser des pièces de contact à frottement, en charbon.

Dans le cas de roulettes de prise de courant, on peut utiliser de la fonte; les roulettes munies latéralement de balais qui frottent.

b) *Leviers de manœuvre.* — Au lieu d'aluminium, on peut employer du duralumin, du magnalium, ou mieux de l'élektron, à cause de sa faible teneur en aluminium.

Dans le cas où le levier doit avoir une grande solidité, on peut employer les alliages suivants :

Aluminium 90 pour cent, cuivre 6 pour cent;

Aluminium 82 pour cent, zinc 15 pour cent, cuivre 3 pour cent;

Aluminium 93 pour cent, magnésium 7 pour cent;

Aluminium 68,25 pour cent, zinc 30 pour cent et cuivre 1,75 pour cent.

Dans beaucoup de cas ces alliages peuvent être employés pour remplacer le bronze.

11° Généralités. — a) *Isolement électrique.* — Déjà avant la guerre, on employait, dans beaucoup de cas, le cellon (acétate de cellulose) soit solide, soit liquide; on l'utilise de plus en plus depuis la guerre.

A la place d'ébonite, on emploie des produits appelés saturan, wenjacit, etc.

On remplace le mica par de la mégotale et la micanite par de la péralite.

Digitized by Google

Comme ruban isolant on utilise le papier et, quand cela ne suffit pas, des rubans de coton imprégnés d'asphalte :

b) *Isolement magnétique.* — On emploie ordinairement du zinc ou de l'élektron, ainsi que les divers alliages utilisés pour la construction des paliers.

c) *Paliers.* — On employait déjà avant la guerre, pour les machines électriques, les roulements à billes ; on les utilise de plus en plus, car on réalise avec eux une économie d'huile de graissage. Quand les roulements à billes ne peuvent être utilisés, ou quand la transformation d'un palier existant est trop longue, on peut employer, à la place de bronze et de métal blanc, toute une série d'alliages, fournis par huit maisons de construction.

Des essais, entrepris à l'École supérieure technique de Charlottenbourg et par la Société des constructeurs mécaniciens allemands, ont permis de se rendre compte que des paliers en fonte douce sont très avantageux. On peut également employer le bois, aussi bien du gaïac que du hêtre, particulièrement pour des paliers qui ont de fortes charges (laminoirs).

d) *Graissage.* — Afin d'économiser de l'huile, on recommande souvent d'y ajouter du graphite ; on n'est pas encore parvenu à se rendre compte comment l'avantage est obtenu, mais on a partiellement de bons résultats d'expérience. Il semble important d'obtenir un bon mélange du graphite et de l'huile et on emploie une pompe construite spécialement dans ce but.

L'Institut impérial d'essais conseille de remplacer l'huile par un mélange de dextrine et d'eau, qui se comporte très bien dans le cas de basse température.

D'après les communications d'une fabrique de produits chimiques, une solution de potasse peut aussi être employée.

On peut employer des tubes en papier, pour remplacer les tubes de cuivre servant pour le graissage, de même pour les tuyaux d'eau de refroidissement.

e) *Roues dentées, etc.* — On remplace le bronze par de la fonte, et on a obtenu de bons résultats. Dans le cas où de la fonte ne suffit pas, on peut faire une économie de bronze, en n'employant ce métal que pour les parties des dents qui font contact.

f) *Courroies, etc.* — Une maison de Düsseldorf fabrique des courroies en papier, qui ont donné de bons résultats ; on emploie de plus en plus les courroies en rubans d'acier dues à Elos.

Une société fabrique des courroies en fils métalliques.

g) *Protection contre la rouille.* — A la place de nickelage, on emploie le cobaltage. Une bonne recette pour le cobaltage par électrolyse est de prendre, pour 10 litres d'eau, environ 650 g de sulfate d'ammonium et de cobalt, 300 g de chlorure de sodium ou d'acide borique. La densité du courant doit être de 0,4 A : cm² pour 2,5 à 2,7 V. Les dépôts de cobalt sont faciles à polir et plus durs que ceux de nickel. Le cobaltage est plus cher que le nickelage, mais le premier peut être employé en couches plus minces que le second et est plus dur.

Le zingage peut aussi être utilisé ; il est obtenu soit électrolytiquement, soit par le procédé à chaud. Dans ce dernier cas, l'addition de 1, 3 pour 100 d'aluminium facilite beaucoup le travail. On peut aussi employer la sherardisation (faire chauffer la pièce à zinguer placée dans du zinc en poudre).

On doit éviter, autant que possible, le plombage, à cause de la rareté du métal. Une société fournit des tôles de fer, recouvertes d'une couche d'aluminium, qui sont à l'abri de la rouille.

On peut également graisser les parties à protéger contre la rouille ou les enduire d'un vernis au cellon (acétate de cellulose).

h) *Soudures.* — On peut employer la soudure au cadmium, ou bien la soudure autogène. Certaines sociétés fournissent une soudure spéciale pour l'aluminium.

i) *Huiles pour moteurs Diesel.* — On peut employer du benzol, de la paraffine, de l'huile de créosote, de l'esprit de bois, etc., suivant le mode de construction de la machine.

Dans la discussion qui a suivi la conférence de M. Dettmar, divers membres de la société ont fait remarquer que les alliages ne sont pas encore bien étudiés et présentent de nombreux défauts et que le grand coefficient de dilatation du zinc cause souvent des ennuis ; notamment les vis en zinc se desserrent quand elles sont soumises à des changements de température. M. Dettmar a répondu qu'il envisageait surtout l'emploi du zinc pour les canalisations.

Relativement au magnésium, on a émis la crainte que sa trop grande inflammabilité ne donne lieu à des accidents, mais il semble résulter de la discussion que le magnésium ne s'enflamme que lorsqu'il est employé sous forme de bandes excessivement minces, et que l'on n'a rien à craindre avec des barres en magnésium, même dans le cas de violents courts-circuits.

Des essais ont été entrepris avec des interrupteurs en élektron (10 pour 100 d'aluminium et 90 pour 100 de magnésium) ; les résultats obtenus ont été excellents.

M. Schultz explique qu'au commencement on a été très embarrassé pour se procurer du graphite. Celui que l'on utilisait auparavant venait de Ceylan et contenait 99 pour 100 de carbone. On trouve en Bavière du graphite, mais trop impur pour être employé dans les piles et surtout pour les balais. Par un traitement peu coûteux, on est parvenu à obtenir un produit contenant 90 pour 100 de graphite, que l'on peut utiliser dans la construction des piles, mais qui n'a pas donné de bons résultats pour la confection des balais en charbon. On est parvenu, en employant des procédés, beaucoup plus coûteux il est vrai, à obtenir du graphite avec 97 pour 100 de charbon pur, qui peut être utilisé pour les balais en charbon ; M. Schultz cite le cas d'une dynamo à 500 V, 3 000 t : min, sur laquelle on a obtenu de très bons résultats avec des balais en graphite contenant 97 pour 100, et une densité de courant de 8,7 A : cm², tandis que des balais en graphite avec 90 pour 100 de carbone pur ne s'étaient pas bien comportés.

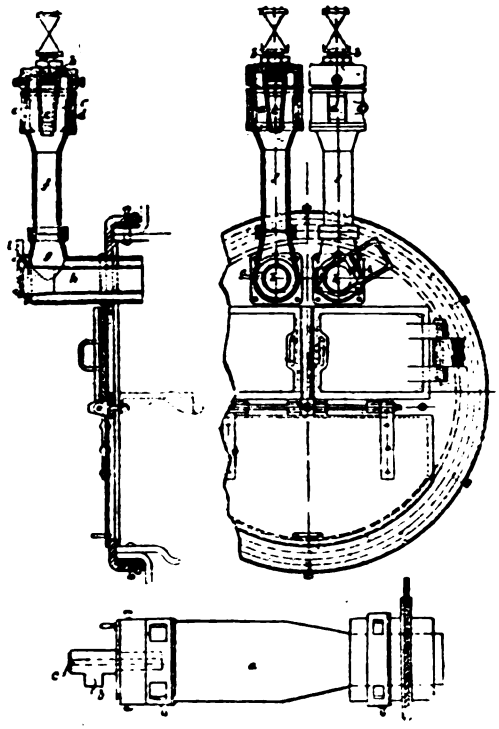
F. L.

621.182.13. — L'utilisation des gaz de fours à coke pour le chauffage des chaudières. *Electrical Review* de Londres, 27 octobre 1916, t. LXXIX, p. 473-476, 2 000 mots, 10 fig.

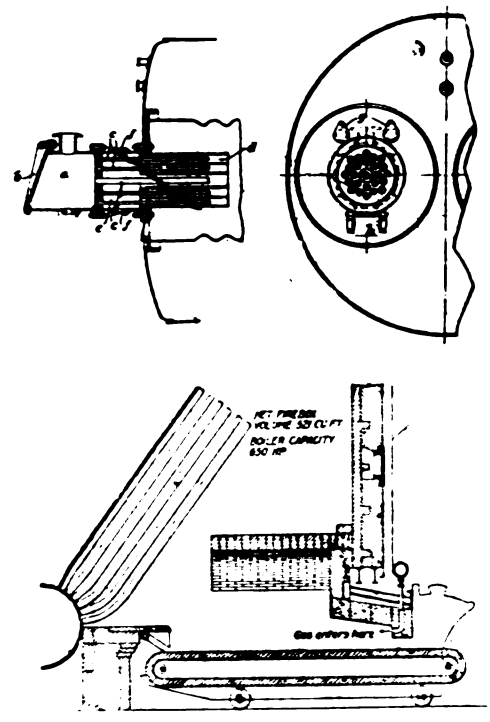
Les fours à coke modernes à récupération de chaleur ne consomment guère que 40 à 50 pour 100 des gaz qu'ils produisent : la moitié de la production reste donc disponible soit pour l'alimentation de moteurs à gaz, soit pour le chauffage de chaudières. Pour ce dernier usage on se sert de brûleurs qui généralement utilisent ces gaz sous pression et mélangés intimement à un certain volume d'air avant leur entrée dans la chambre de combustion au foyer. Ces brûleurs sont basés sur le principe du bec Bunsen et diffèrent entre eux principalement par la forme de leurs ajutages d'injection du gaz et la disposition de leurs registres de réglage de l'admission de l'air primaire et de l'air secondaire. L'article qui nous occupe donne la description, accompagnée de figures, des brûleurs ordinaires Bunsen, des brûleurs Altenheim, des brûleurs Terbeck et des brû-

Digitized by Google

leurs Wefer: les figures ci-jointes montrent la coupe et le mode d'installation des deux premiers et du dernier. Le plus souvent, pour éviter les inconvénients qui résulteraient d'une interruption dans l'alimentation en gaz de ces brûleurs, on combine le chauffage au gaz et le chauffage au charbon. Cette combinaison s'adapte à toutes espèce de foyer, même aux foyers modernes à grille mécanique ainsi que le montre une de nos figures qui se rapporte au chauffage d'une chaudière Stirling avec foyer à grille mécanique. Cette disposition, adoptée dans plusieurs usines génératrices américaines, a donné les meilleurs résultats.

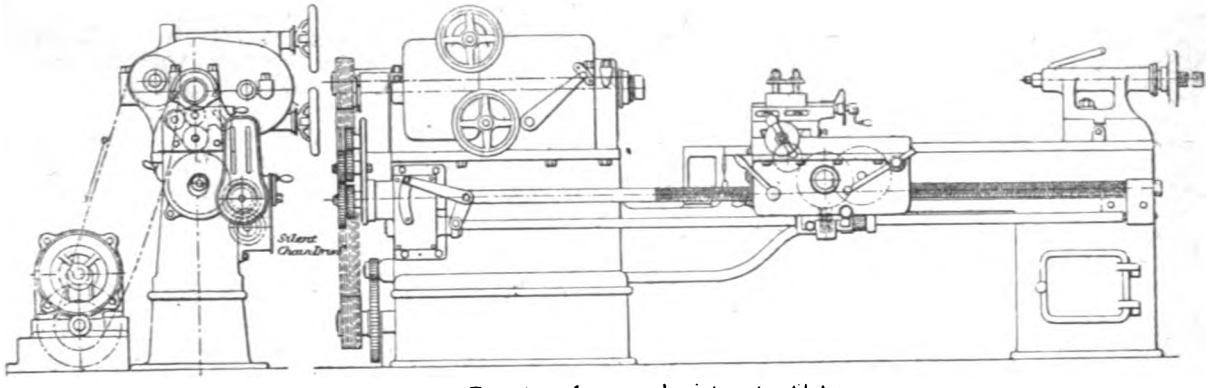


621.185.13. — Fig. 1 et 2. Brûleurs Bunsen sur chaudière Lancashire. — Fig. 3. Brûleur Altenheim.



621.185.13. — Fig. 4 et 5. Brûleur Wefer. — Fig. 6. Chaudière Stirling à chauffage combiné.

621.941.2. — Tours à surfacer, à charioter et à fileter des Etablissements Haigh, à Oldham, Angleterre. *Engineering*, 27 octobre 1916, t. CII, p. 505-506, 600 mots, 4 fig. L'article décrit deux tours dont l'un a une hauteur de pointes de 317 mm, une longueur de banc totale de 3,70 m, une longueur de banc utile de 1,83 m et une largeur de banc de 0,52 m; il peut donner 12 vitesses différentes comprises entre 0,5 et 270 t : min : le support peut recevoir automatiquement des mouvements d'avance longitudinale et transversale et est muni de dispositifs de réglage de la position des outils. — Le second tour, auquel se rapportent les figures ci-jointes, est du type à transmission rigide, tous ses mouvements étant commandés par des engrenages actionnés par un moteur électrique de 5 ch. Sa hauteur de pointe est de 215 mm, sa longueur de banc de 2,8 m et sa largeur de banc de 0,36 m : la broche peut tourner à des vitesses angulaires comprises entre 8 et 150 t : min pour une vitesse angulaire de commande de 1 710 t : min.



621.941.2. — Tour à surfacer, à charioter et à fileter.

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

Chronique économique

Par le tableau ci-joint de la statistique du commerce spécial du matériel électrique exporté de France et y importé dans les dix premiers mois de 1916 (1), on peut se rendre compte que nos *exportations* n'ont guère progressé sur la période correspondante des années 1915 et 1914. Seule l'exportation des charbons préparés pour l'électricité a passé de 20 417 quintaux métriques en 1915 à 39 286 en 1916. Quant aux *importations*, elles ont suivi une marche ascendante d'une année à l'autre. Par exemple, les machines dynamo-électriques de divers poids ont passé de 27 189 quintaux métriques en 1914 et 14623 en 1915 à 49954 en 1916. Une augmentation est aussi à noter dans l'importation des lampes à incandescence, des appareils électriques avec ou sans enroulement, des bâtis et carcasses de dynamos, des induits, des accumulateurs et des piles sèches. On peut attribuer le peu d'activité des envois à l'extérieur du matériel électrique à la prohibition officielle d'exportation de certains appareils ou accessoires utilisables par les services de l'armée. Quant à l'augmentation des importations, elle est causée en partie par les besoins de la consommation française, qui ne trouvent plus à se satisfaire actuellement en France du fait de la raréfaction des matières premières nécessaires à l'industrie électrique et aussi du manque de main-d'œuvre technique en quantité suffisante; par la réquisition qu'a faite l'État de certaines usines électriques pour la fabrication du matériel de guerre; par la situation en régions envahies par l'ennemi d'usines françaises importantes avant la guerre.

Cet état de choses anormal, dû aux circonstances de la guerre, se modifiera forcément une fois la paix rétablie, après la victoire des armées alliées. Mais les constructeurs français de matériel électrique, pour ne pas se laisser dépasser à ce moment-là par leurs concurrents austro-allemands, se préoccupent d'ores et déjà, nous le savons, de rechercher les moyens propres, d'une part, à faire décroître l'importation en France des appareils étrangers et de l'autre, à accroître l'exportation, dans nos colonies et à l'étranger, du matériel français.

Les mesures à préconiser pour remédier aux conditions défavorables actuelles de notre industrie électrique nous paraissent devoir se baser : sur une acquisition plus appropriée des matières premières; sur une revision des méthodes à appliquer pour l'emploi adéquat de la main-d'œuvre; sur la participation ouvrière aux bénéfices; sur une ingéniosité toujours en éveil relative à la simplification technique des rouages des machines et appareils; sur un établissement plus réduit des frais de transports par canaux, fleuves et voies ferrées; sur une économie de combustible; sur la recherche de nouvelles utilisations des appareils et accessoires, etc.

Pour ce qui est des matières premières employées par l'industrie française en général, on peut regretter que celles-ci ne soient pas toujours achetées à leurs prix véritables de production. Bien souvent, nos compatriotes font acquisition à prix excessifs de produits originaux de pays transatlantiques éloignés, par l'intermédiaire de courtiers spéciaux qui se les procurent sur entrepôts étrangers d'Europe. Une étude spéciale que nous avons faite de ces erreurs économiques nous a amené à trouver que la France importe bon an mal an, de ports européens non producteurs, une valeur de 500 millions de francs de matières premières dont elle pourrait tirer une partie soit du sol et du sous-sol national métropolitain, soit de ses vastes et riches possessions d'outre-mer; elle pourrait aussi recevoir quelques-unes de ces matières directement des pays étrangers producteurs avec lesquels elle n'entretient encore que des relations de vente de produits fabriqués français.

Venons maintenant à l'accélération du mouvement d'exportation du matériel électrique français sur les colonies françaises et sur les marchés étrangers, de préférence sur ceux de l'Amérique latine, où de vastes débouchés sont réservés à nos machines.

La réclame par correspondance adressée de France en faveur de nos produits peut avoir son avantage, quand elle est faite intelligemment, c'est-à-dire exprimée dans la langue des consommateurs dont on sollicite les commandes, adaptée aux besoins stricts du pays et continuée avec persistance et régularité. — Mais la meilleure publicité de propagande est surtout celle que font déjà, mais trop rarement encore, et que devraient faire en grande échelle des agents français à poste fixe, connaissant la langue, les crédits à accorder, la mentalité du pays qu'ils exploitent, pour indiquer, par la presse locale, par des affiches apposées dans les endroits publics, par des circulaires, par des visites au domicile des consommateurs et des autorités, le local de leurs bureaux où le consommateur peut venir voir leurs dépôts de marchandises, consulter les catalogues et prix courants et passer les commandes.

(1) La statistique officielle des douanes pour le mois d'octobre 1916 n'a paru que dans le courant de décembre 1916.

Digitized by Google

Lors de la déclaration des hostilités, la France a fait appél à ses enfants qui, de tous les points du globe, sont accourus la défendre, animés du plus pur patriotisme, à quelque condition sociale qu'ils appartinssent. Beaucoup d'entre eux, payant leurs frais de voyage coûteux de leurs propres deniers, ont abandonné leurs intérêts souvent importants, fermé leurs maisons de commerce, leurs magasins ou usines, cessé, comme M. X..., l'exploitation, en Bolivie, de riches gisements de tungstène, utiles à l'industrie française, ou confié à des remplaçants, souvent inhabiles, le soin de diriger en leur absence leurs exploitations ou entreprises agricoles, industrielles, minières, commerciales, financières, maritimes, de travaux publics. Y avait-il hors de France, en août 1914, beaucoup de Français, chefs d'entreprises, intelligents, de conditions aisées, rendant par leur

MATÉRIEL ÉLECTRIQUE

COMMERCE SPÉCIAL POUR LES DIX PREMIERS MOIS DES ANNÉES 1914, 1915 ET 1916

	DÉSIGNATIONS	QUANTITÉS EXPRIMÉES EN QUINTAUX MÉTRIQUES			VALEURS EXPRIMÉES EN MILLIERS DE FRANCS		
		1916	1915	1914	1916	1915	1914
IMPORTATIONS	I. Machines dynamo-électriques : pesant 1 000 kg et plus	28 196	6 606	15 380	1 229	991	2 322
	50 et moins de 1 000 kg	20 198	7 052	9 619	1 100	1 110	1 921
	moins de 50 kg	1 260	965	2 090	504	386	836
	II. Appareils électriques et électrotechniques : avec enroulement de fil métallique isolé	5 299	2 029	5 801	9 273	3 551	10 152
	sans enroulement	2 858	1 019	3 283	2 429	866	2 751
	III. Bâtis et carcasses de dynamos	3 136	504	655	125	90	3
	IV. Lampes électriques à incandescence : filament de charbon	65	1	50	19		89
	filament métallique	1 080	107	1 146	1 572	255	1 070
	sans monture	11	3	5	3	9	13
	V. Lampes à arc et pièces détachées	10	1	71	5	2	37
	VI. Charbons préparés pour l'électricité	7 185	1 382	2 996	1 150	717	479
	VII. Fils et câbles isolés pour l'électricité	5 760	3 518	1 309	1 110	859	317
	VIII. Induits et pièces détachées	3 696	1 656	5 050	1 178	662	2 028
	IX. Aimants autres que les électro-aimants	63	5	514	16	11	129
	X. Accumulateurs et pièces détachées	1 555	1 880	713	202	244	93
	XI. Piles sèches	1 368	1 105	550	271	221	110
	XII. Pièces pour l'électricité en porcelaine, faïence, grès, isolateurs et autres	2 886	1 571	7 552	361	251	1 208
EXPORTATIONS	I. Dynamos et transformateurs	2 718	3 148	11 159	680	785	2 790
	II. Appareils électriques et électrotechniques	7 533	5 370	7 550	8 135	6 011	8 451
	III. Bâtis et carcasses de dynamos, etc	15	19	25	1	1	
	IV. Lampes à incandescence	917	1 012	1 341	1 100	1 211	1 609
	V. Lampes à arc et pièces détachées en fer ou en acier	83	141	318	35	63	113
	VI. Charbons préparés pour électricité et pour tout autre usage industriel	39 986	20 417	50 111	5 655	2 940	5 776
	VII. Fils et câbles isolés	1 968	5 127	22 878	768	923	1 118
	VIII. Induits et pièces détachées	2 153	1 676	1 857	852	679	1 955
	IX. Aimants autres que les électro-aimants	39	153	22	101	1	6
	X. Accumulateurs et pièces détachées	2 294	2 706	3 629	351	311	555
	XII. Pièces pour l'électricité en porcelaine, faïence, grès blanc ou de couleur, isolateurs et autres	2 822	2 355	5 306	316	261	591
	Pièces pour l'électricité en verre	261	154	3 120	25	14	319

présence en pays étrangers de signalés services à la cause de la France dont ils rehaussaient l'influence économique et civilisatrice? Si nous évaluons à deux mille le nombre de ces citoyens français d'élite, nous ne croyons guère nous tromper.

Comment ont procédé les Allemands avec leurs nationaux résidant à l'étranger à la déclaration de guerre en beaucoup plus grand nombre que les citoyens français? Ils en ont laissé venir quelques-uns en Europe. Quant aux autres, leur gouvernement les a autorisés à rester en territoires neutres, avec mission d'y travailler sans relâche dans l'intérêt de la patrie allemande : c'est ce qu'ils ont fait non seulement en présentant autour d'eux, par la presse, par des conférences ou conversations tendancieuses, les événements politiques sous un jour toujours favorable à l'Allemagne, mais encore en redoublant d'efforts d'ordre économique pour supplanter les Français mobilisés, sans parler des Anglais, des Belges, des Italiens.

Cette propagande subventionnée grassement, habile, mensongère, a malheureusement trop bien réussi auprès de certains neutres.

Digitized by Google

La France, pour contrecarrer ces menées, a bien délégué à l'étranger quelques conférenciers grandiloquents. Mais ceux-ci, pour la plupart, étaient de notables politiciens ou littérateurs. Parmi eux, peu ou point d'ingénieurs, d'industriels, de commerçants, de négociants, de financiers, d'agronomes. En outre, les brochures de propagande lancées tardivement par la « Maison de la Presse » n'ont pas toujours été d'ordre purement pratique et ne tenaient peut-être pas assez compte des nécessités, des intérêts positifs des neutres auxquels on les adressait. Nous ajouterons que les obstacles, mis par les puissances alliées, lors de l'ouverture des hostilités, au départ des réservistes austro-allemands des pays d'outre-mer vers l'Allemagne, ont fait le jeu de ses ennemis.

On pourrait, ce nous semble, remédier encore aux erreurs de méthodes esquissées plus haut en continuant à envoyer à l'étranger des brochures de propagande, mais que celles-ci soient d'ordre plus pratique; on devrait aussi charger de missions à l'étranger des personnalités du monde industriel, commercial, financier, maritime, ayant l'expérience de tel ou tel pays. Ces individualités, bien imbues au départ des desiderata des syndicats spéciaux électriques et autres, seraient plus à même de faire une propagande économique adéquate en faveur de l'influence et de l'industrie française, que ce soit par la parole, par la publicité, ou par l'obtention des gouvernements, municipalités, corps constitués, soit de fortes commandes de matériel, soit d'importantes concessions de travaux publics (canalisations, force motrice, éclairage, téléphones, phares, câbles sous-marins, etc).

On ne devrait pas limiter l'envoi de ces sortes d'attachés commerciaux temporaires à la seule côte Atlantique de l'Amérique ; mais aussi celles du Pacifique de ce continent et l'Extrême-Orient devraient recevoir ces visites de propagande économique.

Pour l'organisation de cette campagne, les autorités compétentes devraient s'inspirer des conseils des spécialistes de chaque industrie, dont les divers syndicats se formeraient en unions nationales spéciales. Nous ne pouvons à ce propos que renvoyer le lecteur à la judicieuse suggestion, accompagnée d'autres aussi importantes, émises par M. R. Legouez, de la Chambre de commerce de Paris, et ancien président du Syndicat professionnel des Industries électriques, dans sa remarquable conférence de l'Ecole des Hautes Etudes sociales sur l'organisation de l'industrie après la guerre, conférence reproduite par « La Revue électrique » du 3 décembre 1915.

Quant à formuler d'ores et déjà les desiderata relatifs à la conclusion après guerre de traités de commerce à intervenir, d'une part, entre la France et ses colonies et, de l'autre, ses alliés actuels, les pays neutres et les pays ennemis, nous ne croyons pas encore utile de creuser cette question délicate, mais nous devons y penser.

Désiré PECTOR,
Conseiller honoraire du Commerce extérieur.

Assemblées générales

Energie électrique du Littoral méditerranéen.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE EXTRAORDINAIRE DU 11 NOVEMBRE 1916.

L'Energie électrique du Littoral méditerranéen qui fut l'un des pionniers de l'utilisation des richesses hydrauliques de notre pays, a étudié un vaste programme de travaux d'extension de ses usines.

La quantité d'énergie qu'elle peut produire et qui atteindra environ 340 000 000 kw-h lorsque la nouvelle usine du Largue sur la Durance, dont les travaux sont activement poussés, donnera son plein rendement, est estimée, à bref délai, insuffisante.

La Société atteint donc une nouvelle phase de son existence où elle est amenée à utiliser les droits acquis dans les vallées de la Tinée et du Verdon, ainsi que ses accords avec les concessionnaires de chutes sur la Durance. La solution de la Tinée est celle qui a retenu en première ligne l'attention de son Conseil, et qui semble avoir, à l'heure actuelle, le plus de chances d'être réalisée immédiatement.

La dépense envisagée pour cette partie du programme est évaluée à environ 33 000 000 fr, non compris une somme de 14 000 000 fr représentant les travaux engagés avant la guerre ou exécutés depuis, notamment l'usine du Largue sur la Durance, celle de Fontan sur la Roya, les compléments de l'usine à vapeur de Saint-Giniez, les agrandissements des réseaux de distribution dans la région de Marseille et de Nice, etc.

L'Assemblée générale extraordinaire du 11 novembre dernier a décidé, en conséquence, que le capital de la Société qui est actuellement de 38 000 000 fr pourrait être augmenté en une ou plusieurs fois et porté à 60 000 000 fr sur simple décision du Conseil d'Administration qui déterminerait l'époque, le montant et les conditions de l'émission.

Elle a décidé en outre que le Conseil pourrait émettre au fur et à mesure des besoins des bons à échéance ou des obligations, jusqu'à concurrence d'un montant double du capital social.

La Société prévoit également que, lorsque la production des nouvelles installations sera complètement absorbée par la clientèle, il sera nécessaire de passer à l'exécution des travaux figurant dans une seconde étape du programme, l'extension de ces travaux devant être d'ailleurs rigoureusement subordonnée, non seulement à la consolidation des résultats acquis, mais à leur progression.

Les recettes d'exploitation de la Société représentent d'ailleurs un accroissement normal et une marche parallèle aux extensions des usines puisqu'elles ont passé de 5 248 174 fr en 1910 à 8 561 220 fr en 1915 et qu'elles dépasseront probablement 10 600 000 fr en 1916.

Nous rappellerons que le compte profits et pertes au

Digitized by Google

31 décembre 1915 se montait à 4 491 407 fr et qu'après les différents prélèvements statutaires, service des obligations et dotations des réserves, il offrait un solde créditeur de 1 903 309 fr, qui avait permis de distribuer un dividende de 20 fr par action de 500 fr et d'effectuer un report à nouveau de 235 520 fr.

Le bénéfice d'exploitation à fin octobre 1916 a été annoncé comme dépassant de plus d'un million celui de l'année précédente à la même époque. Le Président ayant fait remarquer qu'une augmentation de dividende de 10 pour 100 après les prélèvements et réserves d'usage ne nécessitait qu'une somme inférieure à 500 000 fr, on voit que le moment n'est pas éloigné où les actionnaires recevront, avec la certitude qu'il sera augmenté, un dividende de 5 pour 100.

On ne saurait oublier, en effet, que les entreprises d'utilisation de forces hydrauliques et de distribution d'énergie électrique sont basées sur des concessions à longs termes et qu'elles offrent, par analogie avec les chemins de fer, l'avantage d'une progression certaine lorsque la période de mise en train est passée.

L'examen des chiffres ci-dessus nous montre que l'Energie électrique du Littoral méditerranéen est arrivée à cette période de plein rendement; elle a jugé qu'il ne lui suffisait pas de maintenir simplement cette situation mais que son intérêt, aussi bien que la position qu'elle occupe dans la région, lui faisaient une obligation de contribuer à l'aménagement des chutes d'eau qui est pour notre pays « une nécessité économique et sociale ».

Rappelons que le bilan au 31 décembre 1915 présenté à la dernière Assemblée générale ordinaire, était le suivant :

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1915.

Actif.

Frais de constitution		1.00
Frais de premier établissement		1.00
Frais d'études		1.00
Mobilier et outillage		1.00
Dépenses d'installations	74 590 144.46	
Forces motrices des Alpes-Maritimes	3 643 510.30	
Haute-Durance et Nartuby	4 301 130.80	
Portefeuille	2 313 723.00	
Matériel en location	233 055.36	
Approvisionnements	1 394 387.19	
Caisses et comptes courants	1 052 509.70	
Factures à recouvrer	1 187 204.90	
Débiteurs divers	754 656.69	
Impôts sur titres à recouvrer	110 691.48	
Comptes d'ordre et divers	48 263.61	
Total de l'actif	89 509 181.49	

Passif.

Capital	38 000 000.00	
Obligations	35 244 877.85	
Réserve légale	503 274.56	
Fonds d'amortissement du capital	508 000.00	
Réserve d'amortissement par remboursement d'obligations	2 138 642.80	
Provision pour dépenses exceptionnelles	1 000 000.00	
Régularisation des frais de production de vapeur	1 025 365.25	
Provision pour exercice 1916	450 000.00	
Fournisseurs et entrepreneurs	2 454 598.83	
Créditeurs divers	2 553 703.67	
Cautionnements et avances de clients	73 710.60	
Travaux et installations à régler par annuités	2 339 136.88	
Coupons à payer et obligations à rembourser :		
Coupons échus et obligations à rembourser	360 123.93	
Coupons échéant le 1er janvier 1916	856 275.00	
Comptes d'ordre et divers	96 163.09	
Profits et pertes	1 903 309.03	
Total du passif	89 509 181.49	

Compagnie électrique de la Loire et du Centre.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 15 NOVEMBRE 1916

La Compagnie électrique de la Loire et du Centre a pu terminer en 1915-1916 la plus grande partie du programme des travaux décidés en 1913, et qui étaient la conséquence de l'extension considérable de la Compagnie électrique de la Loire après l'absorption de l'Energie électrique du Centre qu'elle venait de réaliser à cette époque. Ces travaux, à peine amorcés au moment de la déclaration de guerre, avaient dû être presque complètement arrêtés par suite de la mobilisation de presque tout le personnel technique de ses entrepreneurs; ils ont été repris activement depuis, à la suite des demandes de l'Etat et des industriels des trois secteurs de Saint-Etienne, de Roanne et de Montluçon. C'est ainsi que, dans le premier secteur, de nombreux postes de transformation ont été établis pour desservir d'importantes usines travaillant pour la défense nationale.

Les travaux de l'usine de l'Ance ont été menés très activement à bonne fin; cette usine aménagée au début pour 14000 ch, et dont la puissance pourra être portée à 17 000 ch, a été mise en service vers la fin de 1916; de même les usines de Rioupéroux ayant remis en état leur canal d'amenée qui avait subi un accident l'année précédente, cette nouvelle source d'énergie est venue au cours de l'exercice apporter un appoint précieux pour la distribution dans la région de Saint-Etienne. Dans le secteur de Roanne, l'usine de la Vourdiat, qui avait été achetée à la Compagnie électrique du Roannais en 1912, a été mise en service en septembre 1915.

La Compagnie électrique de la Loire et du Centre dispose ainsi actuellement de plus de 72000 ch dont 45000 ch hydrauliques produits par une douzaine d'usines différentes dont la mise en parallèle, au moins partiellement sur deux des secteurs, réalise un des problèmes les plus intéressants pour l'ingénieur électricien. Nous aurons d'ailleurs vraisemblablement l'occasion de revenir ultérieurement sur ce point spécial.

La production d'énergie électrique de l'exercice a dépassé 100 millions de kw-h, soit 116 064 317 en 1915-1916 contre 91 074 086 en 1913-1914, le nombre d'abonnés passant de 19 028 en 1914 à 21 667 en 1916, pour 44 617 ch de force motrice branchés et 129 760 lampes (réduites en unités de 35 w).

Les recettes d'exploitation ont suivi la même progression pour l'ensemble des trois secteurs; de 6 734 024 fr pour 1913-1914 elles ont passé à 9 171 831 fr pour 1915-1916, accusant une augmentation de 36 pour 100 en deux ans.

Il est à noter que tous ces chiffres avaient subi un fléchissement important en 1914-1915, mais que les résultats de l'année précédant la guerre ont été atteints et même dépassés.

Le compte profits et pertes accuse un bénéfice de 2 342 787 fr, en augmentation de 844 611 fr sur l'exercice précédent par suite de la reprise des affaires et sensiblement égal à celui de 1913-1914.

L'Assemblée générale du 15 novembre 1916 ayant attribué aux réserves une somme totale de 1 472 136.85 fr, celles-ci se trouvent portées à 6 583 382 fr et un dividende de 6 pour 100, soit 15 fr par action a été distribué pour l'exercice 1915-1916.

Le Conseil d'administration avait décidé le 25 février 1916 de porter le capital de la Société de 22 à 25 millions de francs en exécution des décisions de l'Assemblée générale extraordinaire du 26 octobre 1912. Les deux assemblées générales extraordinaires du 31 mars 1916 ont vérifié la

Digitized by Google

réalisation de cette opération, puis elles ont donné tous pouvoirs au Conseil d'administration en vue de procéder immédiatement à une émission de bons de 3 millions et de réaliser ultérieurement une nouvelle augmentation de capital de 25 à 30 millions de francs.

Ces nouvelles ressources étaient nécessaires à la Société pour exécuter son programme de travaux ainsi que celui de la Société énergie électrique de la Basse-Isère qui doit construire à Beaumont-Montreux, près de Romans, une nouvelle usine hydro-électrique dont la production lui est assurée pour moitié.

BILAN AU 30 JUIN 1916.

Actif.

	fr	
Immobilisé :		
Apport, frais de constitution et de premier établissement	Mémoire.	
Mobilier, outillage, chevaux, voitures et automobiles		1,00
Acquisitions et dépenses faites en vue de projets nouveaux		1,00
Immobilisations Secteur de Saint-Etienne	36 136 166,19	
Immobilisations Secteur de Roanne	8 331 638,00	
Immobilisations Secteur de Montluçon	9 837 731,53	
Appareils en location	1 881 416,15	
Terrains, droits de riveraineté et divers	66 436,30	
Primes de remboursement et frais d'émission des obligations et des bons	2 361 451,43	
Réalisable :		
Disponible : en caisses	71 671,03	
Disponible : en banques	11 554 254,86	
Débiteurs : Abonnés et clients	1 417 333,13	
Débiteurs : Impôts et droits à recouvrer	124 691,33	
Débiteurs : Cautionnements	124 512,00	
Débiteurs : Débiteurs divers	3 028 648,55	
Portefeuille et participations :		
A déduire : titres à libérer	5 259 868,00	
Bons de la Défense nationale en dépôt de garantie	2 544 000,00	
Marchandises en dépôt et magasins	5 850 340,87	
	74 589 931,37	

Passif.

	fr	
Capital :		
Représenté par 100 000 actions de 250 fr	25 000 000,00	
Obligations et bons :		
Obligations Loire, 4 1/2 pour 100, émission 1904	95 500,00	
— — 1re émission 1909	1 923 500,00	
— — 2e émission 1909	1 587 000,00	
— nouvelles Loire-Centre, 5 pour 100, série A	14 834 000,00	
— nouvelles Loire-Centre, 5 pour 100, série B	9 700 500,00	
Bons G pour 100	3 000 000,00	
Réserves :		
Réserve légale	411 315,50	
Fonds de renouvellement	1 500 000,00	
Réserve générale pour amortissements	5 200 000,00	
Primes d'émission des actions (frais d'émission déduits)	523 815,20	
Comptes créditeurs :		
Coupons à payer et intérêts courus sur :		
Obligations	708 649,27	
Obligations à rembourser	191 223,89	
Créanciers divers	9 327 148,43	
Reliquat des exercices antérieurs	244 631,46	
Bénéfices de l'exercice 1915-1916	2 342 787,62	
	74 589 931,37	

Société Industrielle des Téléphones.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 18 DÉCEMBRE 1916

Le Conseil d'Administration de la Société Industrielle des Téléphones a très justement fait ressortir lui aussi, dans son rapport à l'Assemblée des actionnaires, qu'il convenait de se préoccuper dès à présent des mesures à prendre aussitôt après la guerre pour soutenir la lutte économique dans les meilleures conditions. C'est ainsi que la Société envisage à bref délai, sinon la reconstruction complète de ses usines, au moins un remaniement important et la réfection de tout l'outillage. Celui-ci, travaillant jour et nuit dans des conditions insuffisantes d'entretien, a donné un effort extrêmement considérable qui a permis à la Société Industrielle des Téléphones de dépasser de plus du double la production ordinaire de ses usines en apportant un concours important à la défense nationale.

Voici le bilan de la Société, au 30 juin 1916 :

Actif.

	fr	
Usines d'appareils électriques (Entrepreneurs)	1 329 517,93	
— de câbles (Bezons)	3 776 806,50	
— de chaussures (Bezons)	860 723,28	
— de caoutchouc (Grenelle)	2 654 109,07	
— de sous-marins (Calais)	551 652,00	
— d'appareillage de lumière (Levallois)	1 445 008,26	
Brevets		1,00
Participations industrielles	267 323,00	
Caisses, comptes courants et disponibilités	6 524 588,39	
Comptes débiteurs	11 242 577,65	
Marchandises en magasin et en cours de fabrication	13 454 311,44	
Prime de remboursement amortissable des obligations	818 129,64	
Loyers d'avance	29 137,50	
	42 944 855,66	

Passif.

	fr	
Capital social	18 000 000,00	
Réserve légale	1 074 675,49	
Obligations en circulation	7 774 500,00	
Comptes créditeurs (fournisseurs et divers)	9 786 035,52	
Sommes reçues à valoir sur commandes en cours	764 646,07	
Coupons d'actions et d'obligations échus restant à payer (impôts déduits)	172 221,20	
Coupons des obligations à échéance du 1er juillet 1916 (impôts déduits)	141 846,30	
Obligations amorties restant à rembourser	127 500,00	
Solde du compte profits et pertes :		
Amortissements sur immeubles et sur matériel	1 500 000,00	
Réserve légale	315 033,35	
Dividende	1 800 000,00	
Attribution au Conseil d'administration de 10 pour 100 du reliquat des bénéfices	238 842,76	
Part de 5 pour 100 du reliquat des bénéfices devant être affectée à des rémunérations à la Direction et au personnel	119 421,38	
Provision pour fonds de prévoyance	1 100 000,00	
Report à l'exercice 1916-1917	30 163,50	
	42 944 885,66	

Si nous mettons à part l'usine de câbles de Calais que la Société cherche à approprier à d'autres usages, en raison de l'insuffisance des commandes de câbles sous-marins qu'elle pouvait attendre en France de son unique client, la Compagnie française des Câbles télégraphiques, nous voyons que, sans que les frais généraux aient été sensiblement plus élevés, toutes les autres usines ont accru considérablement leur production, l'usine de la rue des Entrepreneurs pour le matériel télégraphique et téléphonique,

Digitized by Google

l'usine de Bezons pour les câbles, celle de Levallois-Perret pour l'appareillage.

Ces usines figurent à l'inventaire pour 12 607 807 fr, en diminution de 988 632 fr sur l'estimation de l'année précédente.

Le compte profits et pertes accuse un bénéfice brut de 6 555 405 fr dont 6 084 513 fr de bénéfices industriels de fabrication et un bénéfice net de 3 103 400 fr.

Les résultats bruts des années précédant la guerre se maintenant avec une grande stabilité aux environs de 2 800 000 fr environ, on comprend que le Conseil d'Administration, après avoir pratiqué un large amortissement de 1 500 000 fr et avoir doté les réserves du fonds de prévoyance d'une somme globale de 1 415 033 fr, a pu décider une répartition de 30 fr par action contre 15 fr les années précédentes.

Revues, analyses et informations

Les perspectives d'exportation en Italie des appareils de mesure et de téléphonie.

Les nombreuses enquêtes qui ont été faites sur l'industrie italienne montrent que la plupart des branches de l'industrie électrique étaient, avant la guerre, en grande partie entre les mains des étrangers. Il se présente donc pour les constructeurs français des perspectives de débouchés importants chez nos amis italiens.

Nous extrayons les quelques renseignements suivants, relatifs aux possibilités d'exportation du matériel électrique, des rapports de la Commission instituée par la municipalité de Turin pour examiner quels étaient les appareils électriques qui pouvaient lui faire défaut.

Les études de cette Commission ont montré qu'un développement très actif pouvait être donné à l'industrie pour la fabrication des compteurs d'énergie électrique et des appareils téléphoniques ainsi que de leurs accessoires, cette branche de l'industrie étant, pour ainsi dire, inconnue jusqu'ici en Italie.

1. *Instruments de mesure.* — On peut dire que jusqu'à ce jour, 70 pour 100 des compteurs d'énergie électrique utilisés en Italie étaient d'origine étrangère et importés d'Allemagne pour la plus grande part. La consommation annuelle à Turin dépassait avant la guerre 7 000 appareils et pour toute l'Italie les statistiques montrent qu'il se vendait plus 150 000 compteurs correspondant à un chiffre d'affaires de 5 millions de francs.

Une enquête pour fixer le type des compteurs qui conviendraient le mieux a montré qu'il était préférable de s'arrêter à un seul type de compteur.

Nous pourrons documenter d'une façon plus précise ceux de nos lecteurs que cette question intéresse.

Il a de plus été reconnu indispensable de créer sur place à Turin un laboratoire de mesure pourvu de tout l'équipement scientifique nécessaire afin de pouvoir exécuter toutes les expériences électriques, magnétiques et mécaniques sur les compteurs, d'une façon analogue à ce que fait à Paris le Laboratoire central d'électricité.

2. *Appareils téléphoniques.* — L'industrie téléphonique, elle aussi, est entièrement inexistante en Italie.

On peut considérer qu'elle est destinée à un grand avenir, si l'on tient compte qu'au 2 janvier 1910 l'Italie avait 0,2 abonné pour 100 habitants, alors que les statistiques pour les autres nations font ressortir les pourcentages suivants :

États-Unis	7,6	pour 100 habitants.
Danemark	3,5	id.
Suède	3,1	id.
Suisse	2	id.
Allemagne	1,3	id.
Angleterre	1,5	id.
Belgique	0,16	id.
France	0,3	id.

C'est un fait connu que depuis le 1er janvier 1910, pendant qu'en Italie l'augmentation des abonnements au téléphone était des plus réduites, dans les autres États ce développement fut très important.

Aux États-Unis, par exemple, au 31 décembre 1914, il y avait un abonné pour 11 habitants, ce qui portait le pourcentage à 9 pour 100. Et la comparaison est encore plus défavorable pour l'Italie si on examine les pourcentages des abonnés dans les grandes villes. En se reportant toujours à la statistique de 1910, on a pour

Chicago	13,19	pour 100.
Washington	12,15	id.
New-York	8,15	id.
Copenhague	8,42	id.
Philadelphie	8,42	id.
Christiania	7,06	id.

alors qu'à Milan, la cité italienne où le développement téléphonique est le plus grand, on n'avait à la même date que 1,58 abonné pour 100 habitants.

En se basant sur ses chiffres, la Commission Royale des téléphones a prévu que le nombre des abonnements, qui n'était que de 65 000 en 1910, s'élèverait à 619 000 en 1930. Dans la période de 1910 à 1930 on aura donc dû produire 552 500 nouveaux appareils. Si de plus on prend en considération les appareils dérivés, dont le nombre est sensiblement égal à 44 pour 100 des appareils principaux, on déduit que dans la période de 1910 à 1930 il faudra produire 800 000 nouveaux appareils, sans tenir compte des appareils à construire en remplacement de ceux existants déjà.

Il en résulte donc que dans la période de 1910 à 1930 on peut compter qu'environ 40 millions de francs seront dépensés par l'État ou par les particuliers pour l'achat d'appareils téléphoniques et que certainement une partie importante de cette somme peut revenir aux constructeurs français s'ils orientent dès maintenant leurs efforts vers l'exportation, après la guerre, de ce matériel en Italie.

J. S.

Digitized by Google

SECTION DE LÉGISLATION

Les restrictions apportées à la libre distribution de l'énergie

(Décret du 21 novembre 1916)

Le décret du 21 novembre restreint la liberté de la distribution de l'énergie électrique. L'auteur, après avoir indiqué que ces mesures restrictives pouvaient être prises en vertu de la loi du 5 août 1914, présente quelques remarques sur l'application du décret, puis montre que la loi sur les réquisitions militaires du 3 juillet 1877, complétée par la loi du 23 juillet 1911, fournissait déjà à l'Administration les droits explicités dans le décret.

Il est devenu banal — depuis la guerre seulement hélas ! — de constater que la France n'a pas développé autant qu'elle l'aurait dû sa puissance électrique.

Nous n'avons pas assez d'usines de production d'énergie et c'est une première cause des mesures de restriction auxquelles le gouvernement se voit aujourd'hui contraint de recourir.

La crise des transports en est la deuxième cause. L'insécurité des routes maritimes, les besoins énormes et sans cesse accrus de nos usines de guerre ont provoqué cette crise des transports. Elle a eu à son tour pour résultat d'amoindrir nos stocks de charbon. Et la production des usines électriques s'en est trouvée d'autant plus gravement affectée que cette raréfaction des combustibles s'est manifestée au début de l'hiver, c'est-à-dire au moment où le débit des chutes est réduit au minimum. Dans la région des Alpes, en particulier, la puissance thermique et la puissance hydraulique se sont, toutes deux en même temps, trouvées insuffisantes.

Le Sous-Secrétariat d'État de l'Artillerie et des Munitions (M. Albert Thomas) de qui dépendait la Direction générale des fabrications (M. Claveille) et, par elle, le service des Forces motrices (dirigée par le commandant Henri Cahen) a eu la lourde tâche de rechercher les moyens pratiques de limiter immédiatement, dans toute la mesure du possible, les effets de la crise.

Les deux mesures suivantes furent proposées au ministre :

A. — Interdire aux établissements producteurs d'énergie électrique de concéder de nouvelles polices ou d'augmenter les anciennes sans le visa de la Guerre ;

B. — Imposer un ordre de priorité, soit d'une manière permanente, soit à certaines heures de la journée, entre les clients qui devront être desservis par les usines productrices d'électricité.

Une grave objection pouvait venir immédiatement à l'esprit, c'est que cette double restriction est contraire au principe de l'égalité entre les consommateurs consacré par la loi de 1906.

Elle est contraire aussi au cahier des charges des concessions municipales, lequel impose au concessionnaire l'obligation de desservir tout client situé sur le parcours de ses lignes et même, sous certaines conditions, l'obligation d'étendre son réseau.

Était-il possible, dès lors, de prendre légalement ces mesures restrictives sans un trop long retard, c'est-à-dire sans l'intervention du Parlement ?

Oui, grâce à la loi du 5 août 1914.

L'article 2 de cette loi donne au gouvernement « pendant toute la durée de la mobilisation et jusqu'à la cessation des hostilités » le droit de prendre « dans l'intérêt général, par décrets en conseil des ministres, toutes les mesures nécessaires pour faciliter l'exécution ou suspendre les effets des obligations commerciales ou civiles ».

Or, il n'est pas douteux que les mesures dont il s'agit étaient proposées « dans l'intérêt général ». Il n'est pas douteux non plus qu'elles tendaient à « suspendre », au moins partiellement, l'exécution des contrats passés entre les établissements de production d'énergie et les particuliers. Ces contrats assuraient aux particuliers la fourniture du courant sans qu'aucune priorité pût leur être opposée. C'est l'exercice de ce droit qu'il s'agissait de supprimer temporairement.

Le recours à la loi du 5 août 1914 était donc possible. Conformément à cette loi, un décret fut rendu en Conseil des ministres, le 21 novembre 1916 (« Journal officiel » du 23).

Les articles 1 et 2 du décret rendent obligatoires les mesures proposées par le Service des Forces motrices. Le premier vise surtout les usines qui ont des disponibilités. Le second vise surtout les usines qui n'en ont point.

L'article 3 n'a pas de lien direct avec les deux premiers ; il ne tend pas comme eux à restreindre la libre distribution de l'énergie électrique. Il règle une question d'application de la loi des réquisitions.

Bien que le texte de ce décret ait déjà été publié ici, nous le reproduisons pour plus de clarté.

Le Président de la République française.

Sur le rapport des ministres de la Guerre, des Travaux publics et de l'Intérieur.

Vu la loi du 5 août 1914 relative à la prorogation des

Digitized by Google

échéances des valeurs négociables et notamment l'article 2 permettant au Gouvernement, pendant la durée des hostilités, de prendre dans l'intérêt général, par décret, en conseil des ministres, toutes les mesures nécessaires pour faciliter l'exécution ou suspendre les effets des obligations commerciales ou civiles ;

Vu la loi du 3 juillet 1877 sur les réquisitions militaires, complétée par la loi du 23 juillet 1911, et notamment son article 58, ainsi que les règlements annexes ;

Vu la loi du 15 juin 1906 sur les distributions d'énergie et les règlements annexes ;

Le conseil des ministres entendu,

Décrète :

ARTICLE PREMIER. — Dans tous les réseaux de distribution d'énergie qui desservent, soit des établissements de l'État, soit des établissements, usines et exploitations de l'industrie privée travaillant pour la défense nationale, et qui seront désignés par un arrêté du ministre de la Guerre, il ne pourra être contracté de police nouvelle ou d'augmentation de police ancienne de fourniture d'énergie sans l'autorisation du ministre de la Guerre.

ART. 2. — En cas d'insuffisance d'un réseau à assurer la fourniture simultanée de l'énergie nécessaire aux établissements travaillant pour la défense nationale, aux services publics et à la consommation privée, le ministre de la Guerre est autorisé, en l'absence même de toute réquisition, à imposer à l'exploitant un ordre de priorité entre ces diverses catégories de consommateurs d'énergie, à titre permanent, ou à certaines heures de la journée seulement, sur avis conforme du ministre de l'Intérieur et du ministre des Travaux publics.

ART. 3. — Au cas où le ministre de la Guerre serait amené à réquisitionner un ou plusieurs des secteurs susvisés, par application des dispositions du paragraphe 4 de l'article 58 de la loi du 3 juillet 1877, tous établissements, services publics et particuliers, auxquels serait fournie de l'énergie devront en acquitter le prix sur la base du coût de revient à l'État et au prorata de la quantité d'énergie consommée par eux.

ART. 4. — Les ministres de la Guerre, des Travaux publics et de l'Intérieur sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret.

Ces textes sont fort clairs et n'exigent guère de commentaire. Quelques remarques seulement :

A propos de l'article premier. — a). Que faut-il entendre par « les établissements, usines et exploitations de l'industrie privée travaillant pour la défense nationale » ?

En ce qui concerne les usines de production électrique la question ne se pose pas. Un arrêté du ministre de la Guerre, du 14 septembre 1916, range en effet toutes ces usines, sans distinction, dans la catégorie des « établissements travaillant pour la défense nationale ».

Mais il s'agit, dans le décret du 21 novembre, non pas des usines électriques, mais de leurs clients. Quels sont, parmi ceux-ci, ceux qui doivent être considérés comme travaillant pour la défense nationale?

L'expression (déjà employée dans la loi Dalbiez et dans les décrets qui ont réglementé les versements d'avances aux industriels) est assez vague. Il y a d'abord, évidemment, les établissements avec lesquels l'Administration de la guerre a directement traité ; il y a, en outre, beaucoup d'usines qui n'ont pas de traité direct avec l'État mais qui travaillent, comme sous-traitants des fournisseurs de l'État, une partie des fournitures ; il y a enfin certains établissements qui procurent aux fournisseurs ou aux sous-traitants de l'administration de la Guerre des matières ou objets indispensables à leur fabrication.

C'est donc, en réalité, une question d'espèce.

b) L'arrêté du ministre de la Guerre qui soit désigner les réseaux de distribution d'énergie soumis au décret du 21 novembre a été publié à « l'Officiel » du 21 décembre. Il porte la date du 19.

Il est ainsi conçu :

ARTICLE PREMIER. — A partir de ce jour (19 décembre) sont soumises aux dispositions de l'article premier du décret du 21 novembre 1916 :

1° Toutes les entreprises de vente ou de distribution d'énergie électrique dont les usines de production ont une puissance totale installée égale ou supérieure à 500 kw ;

2° Les sociétés qui achètent aux entreprises productrices d'énergie soumises au contrôle prévu par le présent article la totalité ou partie de l'énergie qu'elles revendent.

ART. 2. — Les demandes d'éclairage d'une puissance inférieure à 5 hw et les demandes de force motrice d'une puissance inférieure à 1 kw pourront toutefois être satisfaites par les sociétés sus-mentionnées, sans l'avis de l'autorité militaire.

ART. 3. — Les autorisations prévues à l'article premier du décret seront délivrées par les officiers du Service des Forges.

Quoi qu'il en soit, c'est vraisemblablement aux officiers du Service des Forges qu'il appartiendra de conférer les autorisations prévues par l'article premier du décret, sauf recours au sous-secrétaire d'État.

A propos de l'article 2. — Ce ne sont pas les officiers du Service des Forges, mais seulement le ministre de la Guerre ou, par délégation, le sous-secrétaire d'État, qui pourra imposer aux exploitants un ordre de priorité. Ce sera l'objet d'arrêtés successifs, car il ne paraît pas possible d'imposer un ordre général pour toute la France. L'article 2 précise d'ailleurs que ces arrêtés ne pourront être pris par le ministre de la Guerre que « sur avis conforme du ministre de l'Intérieur et du ministre des Travaux publics ». Cette dernière disposition permet d'entrevoir que les ordres de priorité ne seront pas très fréquemment imposés.

* * *

A défaut d'un commentaire de texte, le décret du 21 novembre mérite quelques réflexions d'ordre juridique qui ne sont pas sans intérêt pratique.

On peut en effet se demander pourquoi le gouvernement a cru devoir ajouter cette arme nouvelle à l'arsenal de nos lois.

Un simple coup d'œil sur la loi des réquisitions permet de se rendre compte que l'Administration possédait déjà, en vertu de cette loi, les droits que lui accorde le décret.

Digitized by Google

La loi du 3 juillet 1877 (complétée par la loi du 23 juillet 1911) et le décret du 2 août 1877 (complété par le décret du 2 août 1914) prévoient, en ce qui concerne les établissements industriels, deux sortes de réquisition : celle de la production et celle de l'établissement lui-même.

L'Administration de la Guerre pouvait donc, bien avant le décret du 21 novembre 1916, requérir « tout ou partie de la production de l'établissement industriel » (art. 58 de la loi). Il lui suffit de faire connaître dans l'ordre de réquisition « la nature, la qualité des matières et objets requis, les quantités à livrer et les dates de livraison » (art. 130 du décret).

Si les moyens de production se trouvent insuffisants, il ne faut qu'une nouvelle réquisition — par arrêté ministériel cette fois — pour mettre à la disposition de l'autorité militaire « tout ou partie de ces établissements industriels » (art. 58 de la loi). L'autorité militaire a même « le droit de requérir par le même acte le personnel dont le concours lui est nécessaire » (art. 132 du décret), moyennant quoi « elle assure l'exploitation par ses propres moyens ».

Mais, que l'Administration de la guerre ait requis la production ou qu'elle ait requis l'établissement lui-même, dans les deux cas elle possède et possédait, on va le voir, bien avant le décret du 21 novembre 1916, tous les droits que ce décret vient solennellement de lui reconnaître.

1re *Hypothèse : L'Administration n'exploite pas elle-même l'usine. Elle a seulement réquisitionné la production.* — Dans ce cas, nous sommes en présence de l'article 58 paragraphe 3 de la loi de 1877 :

« Aussi longtemps que durera la réquisition, aucun exploitant ne peut, sans y être autorisé, faire à des tiers des livraisons de matières, produits et objets de la nature de ceux qui ont été réquisitionnés. »

En vertu de ce texte, l'Administration peut évidemment empêcher un concessionnaire, dont la production est frappée de réquisition, d'exécuter les engagements qu'il a pris.

A plus forte raison, peut-elle lui interdire de contracter des polices nouvelles ou d'augmenter l'importance des polices existantes.

Peut-elle aussi, en vertu de la seule loi des réquisitions, fixer à son gré un ordre de priorité tendant à ce que tels ou tels clients de l'usine soient desservis de préférence à tels autres, soit d'une manière permanente, soit à certaines heures de la journée ?

Il semble qu'ici une distinction s'impose :

L'Administration qui réquisitionne la production d'une usine a évidemment le droit d'imposer un ordre de priorité en faveur des établissements de l'État et des industriels qui travaillent pour la défense nationale ; l'article 58, paragraphe premier, le dit d'ailleurs implicitement lorsqu'il rappelle que l'objet de la réquisition est d'assurer à la défense nationale la production dont elle a besoin.

Mais précisément parce que l'intérêt de la défense nationale justifie seul les réquisitions, l'Administration ne peut faire servir celles-ci à la satisfaction d'intérêts particuliers.

Dès que la défense nationale n'est plus en jeu, le principe d'égalité consacré par la loi du 15 juin 1906 sur les distributions d'énergie reprend toute sa force. Ce principe ferait obstacle à ce que l'autorité réquisitionnante prétendit établir entre les particuliers un ordre de préférence pour la livraison du surplus d'énergie disponible laissé à la disposition du concessionnaire.

Ce n'est pas à dire, cependant, qu'il faille considérer comme des particuliers tous ceux qui ne travaillent pas directement pour la défense nationale.

Indirectement mais sûrement la défense nationale est intéressée à ce que les services publics fonctionnent. L'Administration, sera donc en droit, si elle réquisitionne la production de l'usine, d'assurer, par priorité vis-à-vis des autres consommateurs, la fourniture de l'énergie nécessaire à la marche des chemins de fer ou des tramways, à l'éclairage des rues, etc...

Elle sera en droit également de restreindre la consommation pendant certains jours ou pendant certaines heures.

Mais, dans les limites de l'énergie laissée à sa disposition, l'exploitant sera tenu de satisfaire aux besoins des particuliers conformément au principe d'égalité posé par la loi de 1906.

2e *Hypothèse : L'établissement lui-même est réquisitionné et l'État l'exploite directement.* — C'est le cas de la Compagnie du secteur électrique de la Rive gauche de Paris dont l'usine d'Issy-les-Moulineaux a été réquisitionnée le 12 septembre dernier et dont le réseau haute tension l'a été en décembre ; c'est le cas aussi du secteur électrique de Vierzon, exploité par la Société « Le Centre électrique », qui a été réquisitionné, ainsi que l'usine productrice, le 25 septembre. Le fonctionnement de ces usines est actuellement assuré par l'autorité militaire. Celle d'Issy a même vu s'accroître sa puissance puisque à sa turbine de 3 000 kw a été adjointe une nouvelle turbine de 5 000 kw, et que toutes deux ont été mises en marche.

L'Administration de la Guerre, devenue ainsi exploitante, n'a besoin d'aucun texte spécial pour diminuer les quantités de courant qu'elle livre aux particuliers. Elle aurait même le droit de supprimer toutes ces livraisons : la réquisition, en effet, a d'elle-même pour premier effet de suspendre l'exécution des contrats passés par le réquisitionné.

La réquisition n'est pas une substitution et l'Administration de la Guerre n'est point mise au lieu et place du concessionnaire dont elle exploite l'usine. Elle exploite en vertu d'un droit propre.

Il va de soi que, pratiquement, l'autorité militaire ne pourrait guère se dispenser de fournir du courant aux particuliers. Nous disons seulement *qu'en droit* elle pourrait le faire.

Et cette constatation n'est pas sans intérêt, car elle

Digitized by Google

nous permet de conclure que l'Administration qui réquisitionne et exploite une usine a le droit de modifier les prix antérieurement fixés dans les polices.

Le décret du 21 novembre n'a fait que consacrer ce droit lorsqu'il a posé en principe, dans son article 3, qu'en cas de réquisition et d'exploitation directe d'une usine électrique par l'État tous les consommateurs devront en acquitter le prix non pas sur la base déterminée par les polices, mais sur la base du coût de revient à l'État.

Une autre question pourrait se poser, qui est l'inverse des précédentes.

L'Administration qui a le droit de ne pas vendre aux particuliers l'énergie qu'elle réquisitionne a-t-elle le droit de la leur vendre?

A première vue, la réponse peut paraître douteuse.

Il est de principe en effet que l'Administration de la Guerre ne doit pas réquisitionner en vue de revendre et de réaliser un bénéfice.

Mais il ne faut pas oublier cet autre adage juridique que « l'accessoire suit le sort du principal ».

Le principal, c'est l'emploi dans l'intérêt de la défense nationale de la majeure partie du courant réquisitionné.

Si le surplus de ce courant est revendu à des particuliers, cette opération accessoire n'est pas moins valable que l'opération principale.

Ne perdons pas de vue, d'ailleurs, que l'article 3 cité plus haut réfute par avance l'objection, puisqu'il spécifie que l'État vendra le courant au prix de revient et, par suite, ne réalisera aucun bénéfice (1).

Et puis, et surtout, il est une considération qui domine toutes les autres. Nous sommes en guerre! Et en temps de guerre la mission du gouvernement se trouve singulièrement élargie. Il faut qu'il donne satisfaction immédiate à certains besoins primordiaux du pays.

C'est ainsi que l'État a acheté et vendu du blé, qu'il a acheté et vendu du charbon (décret du 4 décembre 1914). Pourquoi ne fabriquerait-il pas, quand il le faut, de l'énergie électrique et pourquoi ne la revendrait-il pas? Grâce à la loi des réquisitions il peut le faire sans encourir aucune critique d'ordre juridique.

(1) L'officier qui dirige, pour le compte de l'Etat, le secteur réquisitionné de Vierzon, vient de le notifier aux abonnés dans les termes suivants :

« L'Etat n'entend pas assumer les obligations qui incombaient aux exploitants défaillants. En continuant à faire usage du courant, les abonnés prennent, par le fait même, l'engagement d'en rembourser la valeur, d'après les tarifs qui leur seront notifiés très prochainement.

» Les usagers sont en outre prévenus qu'en raison des fluctuations dans le prix des matières premières les prix de fourniture du courant pourront varier tous les trimestres. »

***

Nous avions, on le voit, raison de dire que le décret du 21 novembre n'a rien ajouté aux droits que l'Administration de la guerre possédait antérieurement en vertu de la loi des réquisitions.

Mais alors pourquoi ce décret?

Nous avons entendu, à ce sujet, formuler une critique qui serait grave, mais qui ne nous paraît pas fondée.

Toute réquisition, dit-on, entraîne le paiement d'une indemnité. Donc, en cas de réquisition de la production d'une usine, l'interdiction de passer de nouvelles polices se traduirait par une indemnité. Au contraire, l'exercice des pouvoirs donnés au gouvernement par la loi du 5 août 1914 ne donne ouverture à aucun droit. C'est en vertu de cette même loi que le gouvernement a édicté le moratorium, la suspension des délais, la non-responsabilité des transporteurs... Toutes ces mesures ont causé des dommages considérables et ceux qui en ont été victimes ne peuvent cependant réclamer aucune indemnité.

Dans ces conditions, invoquer la loi du 5 août 1914 pour interdire aux producteurs d'énergie de passer de nouvelles polices, n'est-ce pas, par un moyen détourné, les priver d'une indemnité à laquelle ils ont droit?

Il y a plusieurs réponses à faire :

Et d'abord, il ne faut pas l'oublier, la réquisition ne donne lieu à indemnité que quand il y a préjudice.

Or, si l'autorité militaire réquisitionnait actuellement la production des usines d'électricité, cette réquisition n'aurait pas, en fait, pour résultat de limiter la production de l'usine, bien au contraire.

Il en serait ainsi même si l'État interdisait de passer de nouvelles polices, car cette interdiction n'aurait pour but que de réserver la totalité de la production aux établissements qui travaillent pour la défense nationale.

Il ne faut pas non plus perdre de vue que la réquisition a, dans notre législation, un rôle très précis et exclusif. Elle doit intervenir dans le cas seulement où la prise de possession par l'État est nécessaire pour assurer le rendement ou le fonctionnement de l'usine nécessaire à la défense nationale.

Rien de pareil actuellement. Le seul but de l'Administration de la guerre est de faire face tant à la crise des charbons qu'à l'insuffisance de la puissance électrique disponible, et pour y faire face, de répartir entre les consommateurs, au mieux des intérêts généraux, les quantités d'énergie dont la France dispose. Elle n'était pas obligée pour cela de recourir à la réquisition. Et on peut même dire qu'elle n'aurait pu y recourir sans illégalité.

FERNAND PAYEN,
Avocat à la Cour d'Appel.

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

1re Année. — Tome I. — N° 3. — 20 Janvier 1917.

SOMMAIRE. — Les applications de l'électricité à l'agriculture. — L'emploi de turbines auxiliaires de faible puissance dans les stations centrales. — Réception au son des câblogrammes. — Ecole centrale des Arts et Manufactures. — Bureau des Longitudes. — Légion d'honneur, p. 81 et 82.

Section scientifique et technique. — Analogies mécaniques des phénomènes de couplage entre deux circuits oscillants de télégraphie sans fil, par J.-B. Pomey, p. 83. — Essais dits de polarité des transformateurs, par Paul Girault, p. 84. — Revues, analyses et informations : L'enseignement technique dans les Universités anglaises, p. 86; L'effet Corbino dans différents conducteurs mesuré par le couple électromagnétique produit, p. 87; La radiotélégraphie à longue distance, p. 88.

Section industrielle. — Électrification des lignes de banlieue des Chemins de fer de l'État, sous-station de transformation du Pont-Cardinet (*suite et fin*), par C. Thomas, p. 89. — Représentation en relief de l'énergie distribuée, par A. Ticier, p. 98. — L'établissement d'un catalogue, par F. Scoumanne, p. 99. — Revues, analyses et informations : Résultats d'expériences et récents progrès dans les systèmes de protection des stations centrales, p. 103.

Section économique et financière. — L'électricité et l'alimentation nationale, par Paul Lecler, p. 107. — Assemblées générales : Société d'applications industrielles, p. 112; Compagnie pour la fabrication des compteurs et matériel d'usines à gaz, p. 113; Est-Lumière, p. 114. — Revues, analyses et informations : La guerre économique, p. 114; La lutte économique d'après-guerre, p. 115.

Section de législation. — La protection de la propriété industrielle, par A. Taillefer, p. 117.

Les applications de l'électricité à l'agriculture.

— La pénurie de la main-d'œuvre agricole, qui se faisait déjà sentir avant la guerre, ne peut manquer de s'accentuer dans l'après-guerre. Aussi les pouvoirs publics s'intéressent-ils dès maintenant aux tentatives faites de divers côtés pour donner une plus large extension à la culture mécanique : tout récemment le ministre de l'Agriculture a institué une Commission chargée de coordonner ces efforts, Commission dans laquelle l'Union des Syndicats de l'Electricité se trouve représentée par M. Eschwège, ainsi qu'on a pu le voir par la lecture d'un décret du 9 décembre 1916 signalé à la page 38 de notre numéro du 6 janvier.

Aux pages 107 et suivantes du présent numéro, M. Paul Lecler étudie une partie de cette importante question : celle du labourage mécanique, dont il se préoccupe spécialement depuis plusieurs années.

Ainsi qu'on le verra, M. Lecler estime que le labourage mécanique est, malgré les nombreuses difficultés qu'il soulève, le point qu'il convient de résoudre en premier lieu si nous voulons que la France reprenne à bref délai le rang qu'elle avait parmi les pays agricoles. Il pense que les machines rotatives, récemment préconisées pour les labours, ne doivent pas être envisagées pour l'instant et qu'il faut s'en tenir, si l'on veut parer au plus pressé, à la charrue ordinaire mue par tracteur ou par câble. A son avis, le tracteur ne peut être utilisé que pour les labours peu profonds; l'emploi du câble s'enroulant sur un treuil conviendrait, au contraire, dans la plupart des cas et serait seul à considérer lorsqu'il s'agit de labours profonds en terres fortes.

En terminant, M. Lecler montre par quelques chiffres l'intérêt financier que présenterait la fabrication du matériel mécanique et électrique nécessaire au labourage et conclut par le vœu que, dès la cessation des hostilités, une partie de l'énorme outillage mobilisé pour la fabrication actuelle du matériel de guerre soit utilisée à la production en série du matériel agricole.

Rappelons à ce propos que la question des applications de l'électricité à l'agriculture a déjà été traitée avec ampleur par M. Lévy-Salvador, chef du Service de l'Hydraulique agricole au ministère de l'Agriculture, dans un article paru il y a un peu plus d'un an dans « La Revue électrique » et qu'elle a été reprise, dans ce même journal, par M. Ach. Delamarre [1].

Après avoir fait ressortir l'importance des applications électriques déjà réalisées dans le domaine de l'agriculture par diverses Sociétés de distribution d'énergie et, particulièrement, par l'Énergie électrique du littoral méditerranéen et le Sud-Électrique, M. Lévy-Salvador appelait l'attention des électriciens sur le

(1) P. Lévy-Salvador. De la nécessité de développer les applications agricoles de l'électricité. *La Revue électrique*, 5 novembre 1915, t. XXIV, p. 265-278.
Ach. Delamarre. Les coopératives agricoles d'électricité. *Idem*, 18 février 1916, t. XXV, p. 123-126.

Digitized by Google

statut des coopératives agricoles, lesquelles, grâce au libéralisme des lois du 5 novembre 1894, du 31 mars 1899 et du 29 septembre 1906 qui réglementent le crédit agricole, peuvent emprunter à l'État, au taux de 2 pour 100 seulement, jusqu'aux deux tiers du capital nécessaire aux installations ; il terminait en insistant sur l'obligation qui s'impose aux Sociétés de distribution fournissant le courant d'adapter leurs tarifs à la clientèle rurale et concluait en exhortant les constructeurs à se presser d'établir un matériel électrique agricole, robuste, et cependant de prix modéré, par fabrication en série.

Quant à l'article de M. Delamarre, il discutait quelques-unes des opinions émises par M. Lévy-Salvador sur le rôle que doivent jouer les coopératives agricoles dans le développement des applications de l'électricité à la ferme. D'après lui, il ne convient pas, en se plaçant uniquement au point de vue économique, que les coopératives s'occupent de la production et de la distribution de l'énergie électrique. C'est aux grandes entreprises d'électricité qu'appartient ce soin, et les agriculteurs doivent se borner à constituer des coopératives de consommation dont l'office se réduirait à grouper un nombre suffisant d'acheteurs d'énergie pour attirer l'attention des entreprises de distribution et amener celles-ci à desservir la région.

Ajoutons que si nous avons rappelé ici l'attention des lecteurs sur les coopératives agricoles, c'est que, ainsi que nous le disions au début, les applications de l'électricité à l'agriculture préoccupent vivement aujourd'hui les électriciens et que cette question, primordiale aussi bien pour le développement de l'industrie électrique que pour l'accroissement de notre production agricole, sera à nouveau étudiée bientôt dans ces colonnes.

L'emploi de turbines auxiliaires de faible puissance dans les stations centrales. — Parmi les récentes applications de la turbine à vapeur dans les services auxiliaires des stations centrales, nous pouvons citer la commande de ventilateurs dont la vitesse de rotation est pourtant très inférieure à celle de la turbine. Le haut degré de perfection que les réducteurs de vitesse à engrenage ont atteint maintenant, a permis, spécialement en Amérique, de généraliser l'utilisation de petits groupes turbo-ventilateurs. Ainsi, pour un groupe de ce genre, la turbine tourne à une vitesse de 4 500 t : min, et le rapport de réduction est de 3,7 à 1 : dans un autre groupe, la vitesse de la turbine peut atteindre 3 630 t : min, avec un rapport de réduction de 6,8 à 1.

Un autre exemple d'utilisation de turbines de faible puissance est la commande d'une excitatrice. Pour éviter le manque de courant d'excitation dans une centrale, chaque excitatrice peut être accouplée, à une extrémité, à un moteur d'induction et à l'autre, à une turbine à vapeur munie d'un organisme de commande tel que la turbine prenne automatiquement toute la charge si l'énergie électrique fait défaut au moteur d'induction.

Nous avions déjà signalé dans « La Lumière électrique » un emploi de ces turbines de faible puissance ; leur généralisation dans les stations centrales de notre pays, à l'exemple de ce qui se fait couramment en Amérique, pourrait être intéressante.

Réception au son de câblogrammes. — Le ministère de la Guerre des États-Unis vient d'annoncer qu'à la suite de nombreuses expériences faites sur la côte du Pacifique sous la direction du lieutenant-colonel Squier, dont on connaît les travaux sur la télégraphie sous-marine (1), une méthode pour recevoir au son les câblogrammes aurait été mise récemment au point et qu'elle paraît susceptible de remplacer le procédé actuel d'enregistrement.

Les premiers essais, qui datent de quelques mois, ont été effectués au laboratoire radio-électrique du gouvernement ; ils ont été complétés plus récemment par des expériences sur un câble transocéanique.

Le perfectionnement consiste essentiellement dans l'emploi d'un « ticker » et de lampes à trois électrodes du type audion, analogues à celles actuellement utilisées pour la réception des signaux radiotélégraphiques.

Le récepteur se compose d'un simple téléphone. Dans le faible courant reçu qui n'est pas perceptible normalement dans l'appareil, on pratique d'abord des coupures au moyen du ticker, puis on amplifie avec un audion.

La sensibilité de l'appareil est, paraît-il, si grande que moins du trentième du voltage nécessaire pour le fonctionnement du siphon recorder est suffisant pour une réception convenable.

École centrale des Arts et Manufactures. Par décret du 28 décembre 1916, publié dans le « Journal officiel » du 5 janvier 1917, aucune condition d'âge n'est plus exigée au concours d'admission de l'École centrale des Arts et Manufactures.

Un autre décret de même date décide, en outre, que, en raison des circonstances, les épreuves écrites des concours d'entrée en 1917 ne seront pas éliminatoires.

Le délai de cinq ans, accordé aux élèves de l'École centrale déjà titulaires du certificat de capacité, pour concourir une seconde fois, en vue de l'obtention du diplôme, est prorogé d'une durée égale à celle des hostilités.

Bureau des Longitudes. Par décret en date du 8 janvier 1917 inséré au « Journal officiel » du 11 janvier, sont nommés pour l'année 1917 : MM. Carpentier, Andoyer et Renaud, président, vice-président et secrétaire du Bureau des Longitudes.

Légion d'honneur. — Parmi les nominations et promotions dans l'ordre de la Légion d'honneur publiées au « Journal officiel » du 3 janvier, nous relevons la nomination, au titre de chevalier, de M. Girousse Gaston, ingénieur des Postes et des Télégraphes, secrétaire général de la Société « Le Triphasé ». Cette nomination est accompagnée de la mention suivante :

» Girousse (Gaston-François-Jules), chef de section territorial de réserve à la direction de l'arrière : fonctionnaire de grande valeur technique ; a rendu des services exceptionnels depuis le début de la campagne, comme adjoint au directeur de la télégraphie de deuxième ligne. »

(1) Voir *La Lumière électrique*, 30 décembre 1916, t. XXXV, p. 283.

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

Analogies mécaniques des phénomènes de couplage entre deux circuits oscillants de télégraphie sans fil

Le plus souvent, lorsqu'il s'agit d'expliquer par une représentation mécanique les phénomènes de couplage qui se produisent entre deux circuits oscillants, comprenant chacun résistance, self et capacité, et réagissant l'un sur l'autre par leur induction mutuelle, on a recours à un système de deux pendules A et B suspendus à une corde tendue horizontalement, ou bien à deux pendules A' et B' dont le premier est suspendu à un point fixe, tandis que le second est suspendu à la masse oscillante du premier, ou bien encore à un système de deux aiguilles aimantées oscillant dans le champ terrestre et soumises à l'action élastique de leur suspension en même temps qu'à leurs actions réciproques, dont on règle l'intensité en faisant varier la distance. Il semble alors que l'on voie la force vive passer alternativement d'un système à l'autre. Ces modèles sont instructifs, parce qu'ils sont faciles à réaliser et qu'on n'est pas gêné par les phénomènes de frottement.

Cependant, au point de vue théorique, ces dispositifs ne forment pas une image exacte des circuits électriques, parce que l'énergie cinétique y est fonction à la fois des vitesses et des élongations, tandis que l'énergie cinétique des courants est une fonction quadratique des vitesses dont les coefficients sont constants. Quand il s'agit, non plus de forces électromotrices d'induction, mais de forces électromagnétiques, un mécanisme tel que celui du régulateur de vitesse à boules fournit une bonne représentation.

Dans le cas des circuits électriques couplés, si l'on appelle q et q', les charges des condensateurs, les équations du mouvement de l'électricité sont de la forme :

$$L\frac{d^2q}{dt^2} + M\frac{d^2q'}{dt^2} + R\frac{dq}{dt} + \frac{1}{C}q = 0,$$

$$L'\frac{d^2q'}{dt^2} + M\frac{d^2q}{dt^2} \quad R'\frac{dq'}{dt} + \frac{1}{C'}q' = 0.$$

Il s'agit, en définitive, de trouver un mécanisme dont les équations du mouvement soient identiques aux deux équations précédentes.

Il suffit d'imaginer un système de deux disques matériels A et B (fig. 1), montés sur un même arbre, comme deux roues sur un même essieu et de supposer qu'un troisième disque C, maintenu à distance constante de l'axe, peut rouler par sa tranche sur chacun d'eux. Ce disque C sera par exemple vertical, si les disques A et B sont horizontaux ; il pourra tourner autour de O C comme une poulie tourne sur un arbre de transmission, mais le bras O C pourra tourner librement autour de l'axe vertical A B, en décrivant ainsi le plan horizontal équidistant des disques. Nous pouvons supposer que les disques A et B tendent chacun à être

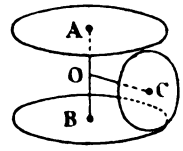


Fig. 1. — Analogie mécanique des phénomènes de couplage des circuits oscillants.

ramenés dans une position donnée par un ressort spirale ; enfin ils éprouveront de la part de l'air une résistance proportionnelle à leur vitesse de rotation. Mais on devra supposer les pivots et liaisons dépourvus de frottement ordinaire. Cependant l'adhérence de la tranche du disque C sur les flasques des disques A et B doit être supposée parfaite.

Le système étant dans sa position d'équilibre, je prends pour points de repère sur les disques A et B les éléments matériels alors en contact avec C. Soit α l'angle dont le disque A a tourné à l'époque t du mouvement, β l'angle dont B a tourné à la même époque. Si r est le rayon du disque C et R la longueur du bras OC, l'angle dont le disque C a tourné est $\frac{1}{2}\frac{R}{r}(\alpha - \beta)$, tandis que celui dont le bras a tourné est $\frac{1}{2}\alpha + \beta$.

L'énergie cinétique du disque A est

$$\frac{1}{2}I\left(\frac{d\alpha}{dt}\right)^2,$$

celle du disque B est de même

$$\frac{1}{2}I\left(\frac{d\beta}{dt}\right)^2,$$

celle du disque C est la somme de l'énergie cinétique qu'aurait sa masse M concentrée en son centre, soit

$$\frac{1}{2}MR^2\left|\frac{1}{2}\left(\frac{d\alpha}{dt} + \frac{d\beta}{dt}\right)\right|^2$$

Digitized by Google

et de l'énergie cinétique de ce même disque dans son mouvement autour de son centre de gravité; or ce mouvement résulte de deux rotations simultanées, l'une autour du bras OC a pour valeur :

$$\frac{1}{2}\frac{R}{r}\left(\frac{d\alpha}{dt} - \frac{d\beta}{dt}\right).$$

l'autre autour de la verticale passant par son centre de gravité est

$$\frac{1}{2}\left(\frac{d\alpha}{dt} + \frac{d\beta}{dt}\right).$$

Si ce disque C est homogène, son moment d'inertie autour d'un de ses diamètres est $\frac{1}{4} M r^2$ et son moment d'inertie autour de son centre est $\frac{1}{2} M r^2$.

L'énergie cinétique du disque C est donc :

$$\frac{1}{2}\cdot\frac{Mr^2}{2}\cdot\frac{1}{4}\frac{R^2}{r^2}\left(\frac{d\alpha}{dt} - \frac{d\beta}{dt}\right)^2 + \frac{1}{2}\cdot\frac{Mr^2}{4}\cdot\frac{1}{4}\left(\frac{d\alpha}{dt} + \frac{d\beta}{dt}\right)^2.$$

On voit donc que l'on arrive pour l'énergie cinétique totale à une expression de la forme

$$\frac{1}{2} L \left(\frac{d\alpha}{dt}\right)^2 + \mathfrak{M}\frac{d\alpha}{dt}\times\frac{d\beta}{dt} + \frac{1}{2} L' \left(\frac{d\beta}{dt}\right)^2,$$

avec :

$$L = I + \frac{1}{16} Mr^2 + \frac{1}{8} MR^2$$

$$L' = J + \frac{1}{16} Mr^2 + \frac{1}{8} MR^2$$

$$\mathfrak{M} = \frac{1}{16} Mr^2 - \frac{1}{8} MR^2.$$

Pour que l'on ait une imitation correcte, avec le signe convenable, des phénomènes d'induction, il ne suffit pas que ces coefficients soient constants, il faut encore qu'ils soient positifs; on supposera donc que l'on a

$$r = R\sqrt{2}.$$

Comme l'énergie élastique est de la forme :

$$\frac{1}{2}\left(\frac{\alpha^2}{C} + \frac{\beta^2}{C'}\right)$$

et qu'on peut écrire pour les forces dues à la viscosité de l'air

$$R\frac{d\alpha}{dt} \quad \text{et} \quad R'\frac{d\beta}{dt},$$

on retombe, en fin de compte, en α et β, sur les équations différentielles que nous avons écrites plus haut en q et q'. En résumé, nous avons donc un mécanisme propre à donner l'image du mouvement de l'électricité dans un système de deux circuits oscillants, couplés l'un avec l'autre. Tandis que les sphères pulsantes de Bjerknes ne sont l'image des attractions et répulsions électriques qu'au signe près, parce que l'énergie cinétique de la matière y est l'image de l'énergie potentielle du système électrostatique, nous avons ici une représentation exacte, parce que les énergies cinétiques se correspondent, avec un coefficient $\mathfrak{M}$ de même signe dans les deux expressions.

POMEY,
Ingénieur en chef des Télégraphes.

Sur les essais de polarité dans les transformateurs

Dans cet article, l'auteur rappelle l'importance de tels essais en ce qui concerne les transformateurs de mesure et la marche en parallèle des transformateurs de puissance; il indique ensuite une méthode permettant, au moyen d'une source à courant continu, de déterminer, par simple observation du sens de déviation d'un voltmètre, la polarité d'un transformateur dont le schéma est connu à la polarité près.

L'importance des essais de polarité se manifeste particulièrement dans le cas des transformateurs spéciaux dits *de mesure* et dans celui des transformateurs proprement dits *transformateurs de puissance* appelés à marcher en parallèle avec d'autres.

Les transformateurs de mesure, transformateurs de potentiel et transformateurs d'intensité, doivent avoir une polarité bien déterminée lorsqu'ils alimentent des wattmètres, des compteurs, des phasemètres, des indicateurs de synchronisme, etc. Indépendamment des erreurs d'indication qu'entraînerait pour tous ces appareils un mauvais repérage de la polarité des transformateurs de mesure, d'énormes surintensités sont à craindre lors des mauvais couplages qui en résulteraient dans le cas des indicateurs de synchronisme.

Dans les transformateurs de puissance, la marche en parallèle exige que les différences de potentiel entre les couples de bornes secondaires à réunir soient en concordance de phase, les enroulements primaires étant supposés déjà alimentés; la non-réalisation de cette condition provoquerait de très grands courants de circulation.

La méthode que nous allons exposer permet, au moyen d'une source à courant continu, de déterminer *qualitativement*, par simple observation du *sens* de déviation d'appareils de mesure, la polarité d'un transformateur dont le schéma est connu à la polarité près. Par

Digitized by Google

extension de cette méthode on peut, toujours avec une source à courant continu, déterminer *quantitativement*, par observation du *sens* et de la *grandeur* de déviations, à quel groupe-type appartient un transformateur polyphasé à phases supposées identiques comme bobinages et réluctance; on en déduit immédiatement quel sera le déphasage entre une tension secondaire et une tension primaire quelconques lorsqu'on alimentera en alternatif.

I. Transformateurs monophasés. — Considérons (fig. 1) un noyau de transformateur portant un enroulement primaire AB et un enroulement secondaire a b; supposons tout d'abord que ces deux enroulements sont de même sens, c'est-à-dire que, partant de deux bornes correspondantes A et a, on tourne dans le même sens autour du noyau pour parvenir respectivement aux bornes opposées B et b en suivant chacun des enroulements.

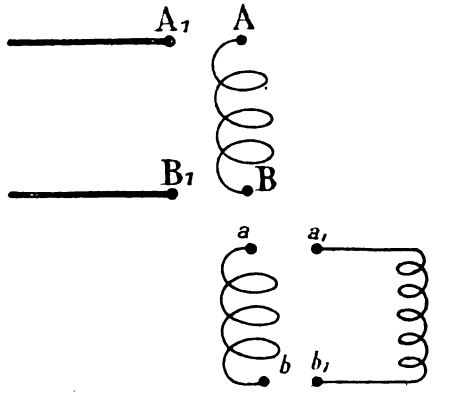


Fig. 1.

Si, reliant deux bornes de lignes A_1, B_1, respectivement à A et B, nous appliquons une différence de potentiel alternative entre A et B, elle est équilibrée, à une faible chute ohmique près, par une force contre-électromotrice qui prend naissance dans l'enroulement AB, et à laquelle correspond dans le noyau un flux commun au primaire et au secondaire. Le même flux alternatif, agissant sur les deux enroulements et les sens de ceux-ci étant les mêmes, la force contre-électromotrice primaire et la force électromotrice secondaire, induites par ce flux, sont en phase quand on les considère entre bornes correspondantes. Il en est de même pour la différence de potentiel primaire, puisque, étant *en opposition* avec la force contre-électromotrice primaire, en suivant la totalité du circuit primaire, elle est *en parallèle* et en concordance de phase avec elle aux bornes de l'enroulement primaire. Un appareil de mesure, tel qu'un wattmètre, donnera donc des indications de même sens, que les bornes a_1, b_1, de l'un de ses enroulements soient reliées respectivement aux bornes de ligne A_1 et B_1, transformateur supprimé, ou, respectivement, à a et b, primaire de transformateur intercalé par liaisons de A_1 A et B_1 B.

Appliquons maintenant aux bornes de AB (fig. 2) une différence de potentiel continue, la borne A étant reliée au pôle positif de la source; des voltmètres polarisés à aimant, v_1 et v_2, sont branchés respectivement entre A B et a b, les bornes de droites supposées positives de ces appareils étant reliées à A et à a.

Pendant la période d'établissement du courant dans l'enroulement AB, le voltmètre v_1 dévie de la gauche vers la droite et indique la valeur de la tension appliquée; et le sens du courant i_1 dans l'enroulement AB est de A vers B. Le courant i_2 induit dans l'enroulement ab s'oppose à l'établissement du courant i_1; il est donc

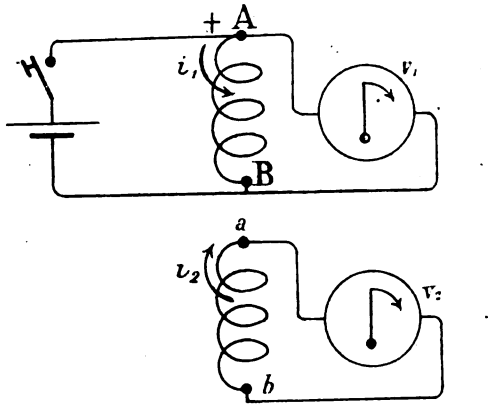


Fig. 2.

dirigé de b vers a, en sens inverse de i_1, et le voltmètre v_2 dévie, comme v_1, de la gauche vers la droite, la déviation passant par un maximum très peu de temps après la fermeture de l'interrupteur primaire et diminuant ensuite progressivement jusqu'à zéro.

Le résultat suivant se trouve ainsi établi :

Lorsque les enroulements primaire et secondaire d'un transformateur monophasé sont bobinés dans le même sens :

1° *Si l'on applique une différence de potentiel alternative aux bornes de l'un des enroulements, la différence de potentiel entre les bornes respectivement correspondantes de l'autre enroulement prises dans le même ordre est en concordance de phase avec la première;*

2° *Si l'on applique une différence de potentiel continue aux bornes de l'un des enroulements, deux voltmètres polarisés reliés de la même façon, en ce qui concerne leur polarité, aux bornes correspondantes des deux enroulements, donneront des déviations de même sens, la déviation du voltmètre primaire devenant permanente, celle du voltmètre secondaire passant par un maximum et revenant à zéro.*

Si le sens de bobinage de l'un des enroulements était inverse de celui de l'autre, par exemple si l'on allait de a à b en tournant autour du noyau en sens inverse de celui suivi pour aller de A à B, on obtiendrait à la fermeture des déviations de sens inverses des deux voltmètres dont les bornes positives seraient toujours reliées à A et a et les bornes négatives à B et b.

C'est en ceci que consiste la *méthode des deux voltmètres à la fermeture;* nous exprimerons le résultat

Digitized by Google

qu'elle donne dans le cas de deux enroulements de même sens par :

« A +, B −, donne a +, b, − »;

et celui qu'elle donne dans le cas de deux enroulements inverses par :

« A +, B −, donne a −, b +. »

La Compagnie française Thomson-Houston emploie en principe un même sens pour les enroulements primaire et secondaire de tous ses transformateurs, de mesure ou de puissance; la Compagnie pour la fabrication des Compteurs fait de même pour ses transformateurs de mesure.

En appelant (fig. 1) *bornes correspondantes* A_1, A, a, a_1, d'une part, et B_1, B, b, b_1, d'autre part, cette règle permet d'avoir le même sens de déviation et la même valeur, au rapport de transformation près du transformateur, pour un appareil de mesure, que l'un de ses enroulements soit alimenté directement par la ligne ou par l'intermédiaire d'un transformateur, pourvu que l'on relie toujours entre elles des bornes correspondantes [1].

La méthode peut se simplifier par l'emploi d'une source de polarité connue, ce qui rend le voltmètre primaire inutile.

Sous sa forme simplement qualitative, nous verrons, dans la suite de cette étude que cette méthode permet, dans le cas des transformateurs polyphasés, de vérifier l'identité ou l'opposition de sens des enroulements de chaque phase, lorsque le schéma d'un transformateur est connu à ce sens près. Ceci résultera de l'extension quantitative à laquelle nous avons fait précédemment allusion et qui nous permettra de déterminer à quel groupe-type appartient un transformateur polyphasé de schéma inconnu.

A suivre. PAUL GIRAULT.

Revues, analyses et informations

L'enseignement technique dans les Universités anglaises.

Les différents travaux qui ont été publiés récemment sur la réorganisation de notre enseignement technique ont négligé tant soit peu d'étudier l'organisation de cet enseignement en Grande-Bretagne avec cette idée préconçue que les Universités anglaises étaient restées hostiles aux études scientifiques et, qu'en raison de la grande place donnée aux sports, l'enseignement technique y était des plus réduits.

L'organisation des Universités de Grande-Bretagne est, effectivement, très différente de la nôtre, tant au point de vue budgétaire qu'au point de vue même de leur programme.

Il n'est pas sans intérêt d'exposer brièvement les conditions de leur fonctionnement qui a été étudié, dans un article très documenté, par M. Petit, professeur à l'Université de Nancy [1].

Les Universités anciennes, en Angleterre, possèdent une fortune personnelle très importante grâce à des dons, des subventions de l'État, des legs, ainsi que des droits universitaires. Le conseil d'Université comprend, en dehors d'un chancelier et d'un recteur purement honorifiques, des membres élus par les professeurs, par les industriels, les commerçants, hommes d'affaires de la ville, ainsi qu'un membre désigné par le roi. Au Conseil d'Université s'ajoutent un certain nombre de Commissions pour chacun des enseignements spéciaux, tels que mines, métallurgie, électricité, etc., et qui comprennent, en dehors d'un ou deux professeurs, une dizaine de membres non universitaires choisis parmi les industriels de chaque spécialité et les hommes d'affaires.

Cette idée d'associer à la direction de l'enseignement et des recherches spéciales des industriels ou commerçants intéressés est excellente et elle se retrouve constamment dans l'organisation anglaise. Nous la savons appliquée à l'état embryonnaire dans les Instituts de Nancy et de Grenoble, par exemple, en France, où des industriels ont enrichi ces écoles de dons importants, mais nous ne les voyons, en revanche, prendre aucune part à la direction intérieure.

Au point de vue financier nous ne pouvons pas voir sans envie le système si simple et si pratique qui est utilisé et qui est tout à fait analogue à celui adopté par les grandes Sociétés industrielles et commerciales en France, dans lequel un emploi très généralisé des chèques pour tous les paiements permet, d'un coup d'œil, de vérifier la situation de chaque compte. Les factures acquittées, les reçus et les talons de chèques forment, avec les comptes de banque, les éléments certains de la vérification pour l'expert.

C'est si simple et si économique que nous n'avons aucun espoir de voir ce système adopté en France.

Nous allons donner maintenant quelques détails sur l'organisation de la Faculté technique de Leeds, prise comme type, et dont l'organisation se rencontre identique dans la plupart des autres Universités d'Angleterre.

L'Université de Leeds, créée en 1904, comptait déjà, en 1912-1913, 1 112 étudiants. Elle comprend quatre facultés : Droit et Lettres, Sciences, Technologie, Médecine.

A sa création, l'Université a reçu plus de 10 millions de francs de dons de plus de 100 000 personnes ou corporations de la région.

Son revenu se montait en 1912-1913 à 1 600 000 fr environ dont 300 000 de droits universitaires.

Des dons et legs importants continuent à se produire chaque année, et toute personne ayant donné au moins 25 000 fr fait partie, sa vie durant, du Conseil général de l'Université, dont les membres occupent de droit une place d'honneur dans les cérémonies.

(1) Tout ce qui a été dit ci-dessus s'applique bien entendu aussi bien à un transformateur d'intensité qu'à un transformateur de potentiel.

(1) *Bulletin de la Société Industrielle de l'Est*, n° 27 du 4e semestre 1906.

Digitized by Google

La Faculté technique comprend les sections suivantes : génie civil et génie mécanique, électrotechnique, mines, gaz, métallurgie, textiles, teinture, industrie du cuir, agriculture.

Des laboratoires de recherches font partie des sections : chacune est logée dans des locaux spéciaux et très vastes. Dans ces laboratoires, à côté des travaux des étudiants même, se poursuivent les recherches (par exemple pour les matières colorantes ou le cuir) faites par les ingénieurs et les industriels intéressés dans ces questions.

Réciproquement, les ingénieurs font un véritable apprentissage dans les usines. Ainsi, dans la section des combustibles, des travaux pratiques sont organisés dans les mines de charbon voisines, généralement pendant les vacances.

C'est là un exemple très particulier d'une pénétration très féconde de la science et de l'industrie se complétant mutuellement.

Au point de vue des diplômes et des examens nous trouvons des différences plus grandes encore.

Les programmes sont généralement moins élevés que ceux de nos propres Facultés, mais ils ont la tendance à favoriser le travail d'un étudiant d'intelligence moyenne, de façon que la grande majorité de ceux qui suivent les cours puissent arriver, en fin de session, à posséder un bagage suffisant, sans avoir été arrêtés pendant le cours des études par des difficultés, souvent insurmontables, de compréhension.

Une année supplémentaire est alors destinée aux sujets exceptionnellement brillants qui obtiennent ainsi ce que les Anglais appellent « les honneurs ».

Dans tous les programmes de sections techniques, on répète que l'apprentissage pratique est indispensable et on a trouvé une combinaison fort séduisante pour que l'industrie ne reçoive que des jeunes gens en état de lui rendre des services immédiats. Aucune des sections de la Faculté technique ne délivre de diplôme d'ingénieur, mais les étudiants qui fréquentent les sections donnant les connaissances destinées à l'ingénieur civil ou à l'ingénieur mécanicien sont vivement engagés à demander leur admission comme étudiants à l'Institut des ingénieurs civils de Londres; lorsqu'ils ont passé leur examen final et obtenu le diplôme dans de bonnes conditions, ils peuvent être admis comme membres associés de cet Institut, sur la recommandation de leurs professeurs; mais ils ne deviennent titulaires qu'après avoir justifié d'un stage d'un an au moins dans une usine et d'un autre stage, aussi d'une année, au minimum, dans un bureau de dessin; ces stages peuvent être faits avant ou après l'Université. Il résulte de là que le diplôme d'origine disparaît et qu'il reste seulement des membres titulaires de l'Institut des ingénieurs de Londres. Pour un industriel, cela signifie une personne ayant fait des études et aussi de la pratique, le contrôle étant fait par l'Institut lui-même, et d'une manière certainement sérieuse puisqu'il doit défendre sa bonne renommée; une combinaison analogue existe pour les sections de chimie, dont les étudiants diplômés peuvent devenir membres de l'Institut des chimistes, après un stage pratique ou travail de recherche jugé satisfaisant.

La question importante pour nous est de savoir si nous pouvons tirer en France quelque chose d'utile de l'organisation anglaise.

D'abord nous pouvons envoyer chaque année quelques-uns de nos meilleurs étudiants en Angleterre dans les laboratoires de recherches de chimie ou de physique ou des sciences appliquées où ils recevront les conseils et la direction de personnalités très compétentes. Des installations semi-industrielles leur permettront d'orienter leurs travaux dans une voie pratique et de compléter leur instruction dans une spécialité.

En deuxième lieu, on peut considérer comme intéressant le système qui donne à tous les étudiants un enseignement beaucoup plus simple que le nôtre et ensuite pendant une année supplémentaire des compléments réservés aux meilleurs sujets.

On formerait ainsi, en outre des ingénieurs et des chefs d'industrie, des collaborateurs de tous ordres nécessaires comme chefs d'atelier, chefs de fabrication ou de stations électriques, etc., qui n'ont pas du tout besoin d'avoir des connaissances aussi étendues que les ingénieurs des bureaux d'études et les chimistes des laboratoires de recherches.

En donnant à tous les étudiants le même enseignement moyen, on peut, par un classement, écarter les meilleurs sujets pour une année d'études supplémentaires.

Une autre règle, qui paraît également intéressante, consiste à avoir, pour les examens, au moins un examinateur étranger à l'Université et qui a des pouvoirs particuliers. Celui-ci examine les cahiers de laboratoires, les croquis ou dessins, et il peut même prescrire soit une épreuve de travaux pratiques soit une interrogation orale supplémentaire pour quelques candidats.

On voit que l'enseignement technique supérieur possède dans les Universités de Grande-Bretagne un réel et sérieux développement et une organisation intéressante dans laquelle nous pouvons puiser des idées au moment où la création de Facultés des sciences appliquées est à l'étude en France.

J.S.

L'effet Corbino dans différents conducteurs mesuré par le couple électro-magnétique produit (1).

Lorsqu'un disque métallique, dans lequel circule radialement un courant électrique, est disposé dans un champ magnétique, les trajectoires des porteurs d'électricité sont en général modifiées. Corbino (Phys. Zeits, t. XII, p. 561-568; 1911), étudiant un disque de bismuth, a montré qu'un champ électrique normal au plan du disque détermine la production d'un courant circulaire qui change de sens avec le courant radial ou le champ magnétique. Si le disque est suspendu de manière que les lignes de force soient obliques à son plan, un couple électro-magnétique tend à le faire tourner autour de son axe. Le sens du mouvement du disque change avec le sens du courant radial, mais n'est pas modifié par un changement de sens du champ magnétique.

La théorie proposée par Corbino fait intervenir pour le transport du courant des ions positifs et des ions négatifs. Désignant par r_1 le rayon externe du disque, par r_2 le rayon du fil par lequel le courant pénètre, ou sort, au centre du disque, par H le champ magnétique, par C l'intensité du courant radial, par Φ l'angle entre la normale au plan du disque et les lignes de force, et par E un coefficient caractéristique du métal, Corbino indique, pour l'intensité I du

(1) Keith K. Smith, *Physical Review*, octobre 1916, 2e série, t. VIII, p. 402-411, 3500 mots, 1 fig., 1 tab.

Digitized by Google

courant circulaire total et pour le couple $\frac{\partial W}{\partial \Phi}$ de rotation, les formules :

$$(1) \qquad I = -\frac{ECH\cos\Phi}{2\pi}\log_n\frac{r_2}{r_1},$$

$$(2) \qquad -\frac{\partial W}{\partial \Phi} = -\frac{1}{8\pi}ECSH^2\sin 2\Phi,$$

où S = aire effective du disque $= \pi(r^2_2 - r^2_1)$.

Admettant que le courant est transporté uniquement par des électrons, Adams (Phil. Mag., t. XVII, p. 244-252, 1914) obtient les expressions :

$$(1') \qquad I = \frac{HeTC}{2\pi m}\log_n\frac{r_2}{r_1}$$

$$(2') \qquad -\frac{\partial W}{\partial \Phi} = -\frac{eH^2CTS}{16\pi m}\sin 2\Phi$$

où e désigne la charge d'un électron, m sa masse et T le libre parcours d'un électron entre les chocs avec les atomes métalliques.

La valeur de E ou de T peut être déduite de la mesure du courant circulaire ou du couple. Adams et Chapman (Phil. Mag., t. XXVIII, p. 692-702, 1914) ont mesuré le courant dans différents métaux et trouvé des variations de grandeur et de signe. Dans le bismuth, le courant circulaire a le même sens que la force électromagnétique pour un courant radial qui s'éloigne du centre; dans l'antimoine, le courant circulaire est environ dix fois plus grand et de sens opposé. Le premier effet est considéré comme positif, le deuxième comme négatif.

Si le courant est transporté uniquement par les électrons, l'effet Corbino, aussi bien que l'effet Hall, devrait être négatif dans tous les métaux. Des effets positifs et des effets négatifs sont prévus dans la théorie développée par Corbino, le signe étant positif lorsque E est positif, c'est-à-dire lorsque la mobilité des ions positifs dépasse celle des ions négatifs.

L'auteur s'est proposé de mesurer les couples électromagnétiques agissant sur des disques de différents métaux et de comparer les résultats avec les mesures de courants précédentes.

Le tableau suivant renferme, outre les valeurs de E déduites de ses mesures, le coefficient de Hall, R, et la résistivité ρ.

	R	ρ	$\frac{R}{\rho}$	E
Bi.....	10,1	$1,1\times10^3$	$9,2\times10^{-5}$	$7,4\times10^{-5}$
Sb.....	+ 0,192	$3,7\times10^4$	$+5,2\times10^{-6}$	$+3,91\times10^{-6}$
Te.....	+530	$1,5\times10^8$	$+3,5\times10^{-6}$	$+1,48\times10^{-6}$
Graphite.	— 0,695	$4,5\times10^5$	$-1,5\times10^{-6}$	$5,74\times10^{-7}$
Ag.....	- 0,000 88	$1,5\times10^3$	$-5,9\times10^{-7}$	$-2,06\times10^{-7}$
Tu.....				$+1,56\times10^{-7}$
Laiton...				0

Alors que R et ρ varient sur une grande étendue pour les différents conducteurs, l'intervalle de variation de $R\rho$ est beaucoup plus restreint et les valeurs de ce quotient sont du même ordre de grandeur que les coefficients E correspondant à l'effet Corbino. Pour le tellure, qui a une résistivité très élevée, le coefficient de Hall est aussi très grand mais l'effet Corbino est moindre que pour l'antimoine. La position du graphite, médiocre conducteur, est également modifiée par rapport à l'antimoine. Quoique la relation quantitative exacte entre les nombres des deux dernières colonnes ne soit pas évidente, on voit que l'ordre de grandeur et le signe d'un des effets peuvent être prévus à partir de l'autre.

A. B.

La radiotélégraphie à longue distance [1].

L'auteur rappelle d'abord la formule qui donne l'intensité à la réception en fonction de l'intensité à l'émission, de la distance, de la longueur d'onde, etc.; ces formules et quelques autres sont indiquées dans le numéro d'avril 1916, p. 209 et 210, de « La Revue électrique ». Les trois modes d'excitation de l'antenne, par étincelle, par arc et par alternateur, ont reçu différentes applications (Marconi, Ferrié, Galletti, Alexanderson, Goldschmidt). Dans le système Galletti, un courant continu charge un condensateur C à travers une résistance R; quand la différence de potentiel atteint une valeur convenable, il se produit une étincelle à un éclateur T shunté sur le condensateur par l'intermédiaire du primaire d'un transformateur. C'est le circuit oscillant. Pour augmenter le nombre d'étincelles, il suffit d'élever la tension jusqu'à 100000 v par exemple et de diminuer la résistance R. En associant plusieurs dispositifs de ce genre dont les éclateurs se déchargent successivement, on arrive à produire des étincelles rapides et régulières dont les circuits oscillatoires débitent sur la même antenne. Le système Galletti sort à peine de la période d'essais; il est très difficile de refroidir les condensateurs. L'auteur signale une installation de 200 kw qui sera incessamment érigée en Irlande pour établir une communication avec le Canada. Dans cette installation, on emploiera l'excitation par arc jaillissant dans un gaz et soumis au soufflage d'un champ magnétique intense. L'antenne sera supportée par une tour centrale de 150 m de hauteur autour de laquelle seront répartis six pylônes de 100 m de hauteur. L'auteur passe ensuite en revue les dispositifs utilisés à la réception, notamment le relais S. G. Brown et le relais Orling qui ressemble assez à un siphon recorder et qui permet d'inscrire les signaux sur un appareil ordinaire, tel que l'automatique Wheatstone. Cet appareil a donné d'excellents résultats avec un courant de 1 micro-ampère; mais il est possible de descendre encore au-dessous de cette limite.

[1] W. Dubilier, *Electrician*, 6 octobre 1916, t. LXXVIII, p. 21-23, 2 700 mots, 4 fig.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

Électrification des lignes de banlieue des Chemins de fer de l'État

SOUS-STATION DE TRANSFORMATION DU PONT-CARDINET

Dans deux précédents articles ont été décrites deux des parties de cette installation : le poste de sectionnement et la sous-station de traction. On trouvera ci-dessous la description de la sous-station d'éclairage et de force motrice, qui fournit du courant continu à un réseau 2 × 250 v, ainsi que la description de quelques appareils accessoires.

Sous-station d'éclairage et de force motrice. — Cette sous-station, ainsi que nous l'avons déjà dit, a pour but de transformer le courant alternatif à haute tension, 5000 v, fourni par le poste de sectionnement, en courant continu 500 v, deux ponts de 250 v, nécessaire à l'éclairage et à la force motrice des gares de

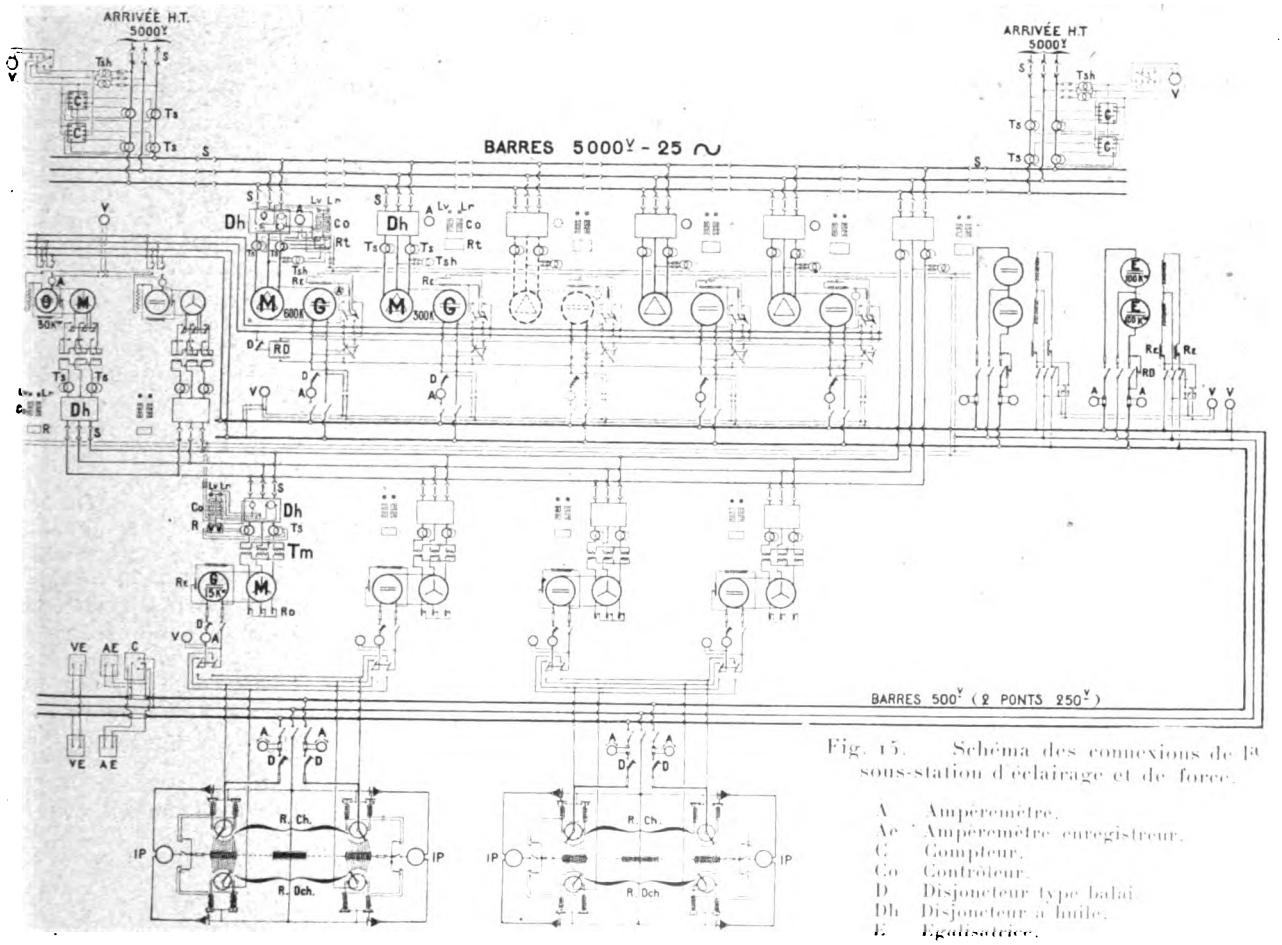


Fig. 15. Schéma des connexions de la sous-station d'éclairage et de force.

A Ampèremètre.
Ae Ampèremètre enregistreur.
C Compteur.
Co Contrôleur.
D Disjoncteur type balai.
Dh Disjoncteur à huile.
E Égalisatrice.
G Génératrice.
Ip Indicateur de position des réducteurs de charge et de décharge.
Lr Lampe-témoin rouge du pupitre de commande.
Lv Lampe-témoin verte du pupitre de commande.
M Moteur asynchronetriphasé.
R Relais.
Rt Relais à temps bipolaire et à retour de courant.
Rch Réducteur de charge.
Rdch Réducteur de décharge.
Rd Rhéostat de démarrage.
Rex Rhéostat d'excitation.
S Sectionneurs.
Tm Transformateurs monophasés.
Ts Transformateur série.
Tsh Transformateur shunt.
V Voltmètre.
Ve Voltmètre enregistreur.

Digitized by Google

Batignolles-Voyageurs et Marchandises ainsi qu'au dépôt et aux ateliers de Batignolles et de Levallois.

Elle peut fournir une puissance de 1800 kw avec une extension prévue pour 600 kw.

Le poste à haute tension de cette sous-station est installé dans la première galerie, à la suite du poste haute

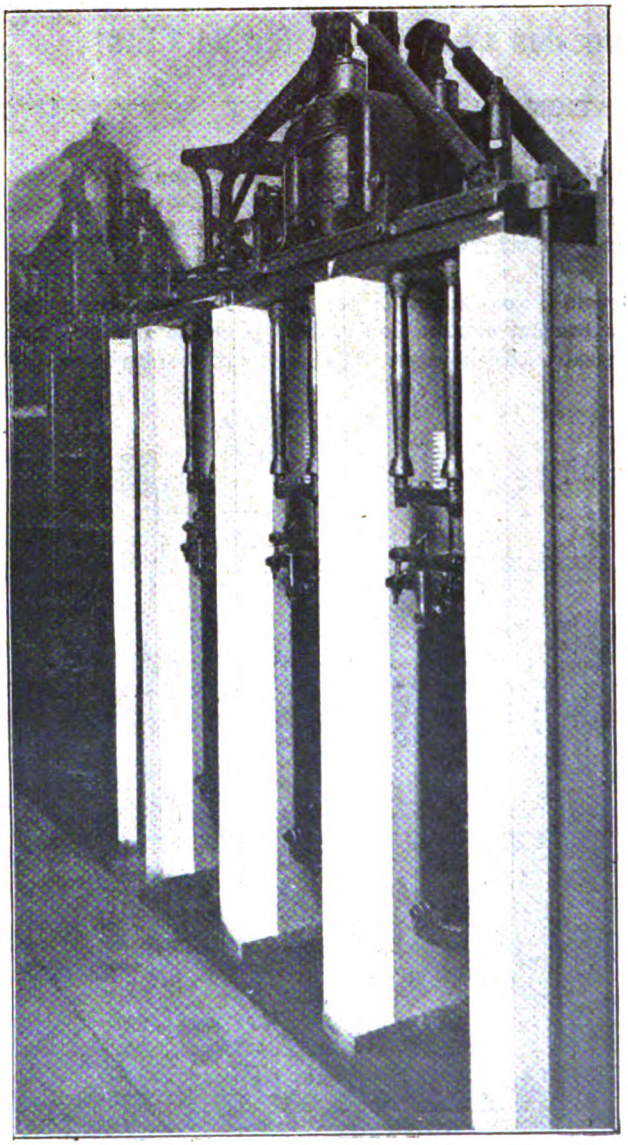


Fig. 16. — Vue d'ensemble d'une batterie de disjoncteurs 5000 v, type Westinghouse.

tension de traction. Il reçoit, par l'intermédiaire de deux câbles dérivés du poste de sectionnement, partie 5000 v, le courant haute tension qui alimente trois barres omnibus. Sur les câbles sont montés les appareils usuels destinés au comptage.

La figure 15 donne le schéma des connexions haute et basse tension de cette sous-station dont le matériel a été fourni et installé par la Société Westinghouse.

Ce schéma montre que les barres-omnibus 5000 v alimentent :

1° Les disjoncteurs de chacun des groupes convertisseurs;

2° Un disjoncteur destiné à fournir le courant aux groupes de démarrage des convertisseurs et aux groupes survolteurs.

Ces disjoncteurs (fig. 16) sont du même type que ceux de la sous-station de traction.

La figure 17 donne une vue d'ensemble des première et deuxième galeries et montre l'appareillage électrique côté opposé aux disjoncteurs de cette sous-station et aux interrupteurs du poste de sectionnement.

La commande des disjoncteurs d'éclairage et de force motrice s'effectue du pupitre L (fig. 9) placé devant le tableau de distribution de la sous-station.

Ils alimentent les machines énumérées ci-après :

Deux groupes convertisseurs de 600 kw. La place d'un troisième groupe a été réservée.

Deux groupes convertisseurs de 300 kw.

Les machines-accessoires suivantes : groupes de démarrage et groupes survolteurs.

Les groupes de 600 kw (fig. 18) comportent chacun un moteur asynchrone triphasé, 5000 volts, 25 p : sec, 850 ch, 290 tours par minute, accouplé élastiquement (accouplement Zodel) à une génératrice courant continu 600 kw, 500 v.

Les deux groupes de 300 kw sont analogues aux précédents mais tournent à 375 t : min.

Ces quatre groupes, dont deux proviennent de l'ancienne sous-station, présentent les particularités intéressantes suivantes : leurs moteurs sont du type à cage d'écureuil avec alimentation sous tension de 5000 v directs. Ils sont très robustes et leur fonctionnement n'a jamais donné lieu à aucune observation.

Le démarrage de ces moteurs par l'alternatif présenterait de graves difficultés que l'on évite en démarrant au moyen de la génératrice.

Pour cette opération, on a recours à deux groupes de démarrage spéciaux, de 30 kw chacun, tournant à 710 t : min (transformateurs 5000 v/200 v, moteur asynchrone de 40 ch, génératrice continue 500 v).

Un petit poste à haute tension (fig. 7) placé en sous-sol et alimenté par le disjoncteur spécial cité ci-dessus fournit le courant nécessaire :

1° Aux deux groupes de démarrage qui précèdent;

2° A quatre groupes survolteurs de 15 kw (transformateurs 5000 v 200 v, moteurs asynchrones, 23 ch, génératrice 100 v, vitesse 730 t : min) destinés à l'alimentation des bacs de réduction de deux batteries d'accumulateurs.

Deux égalisatrices (fig. 22) formées chacune de deux machines de 100 kw, 250 v, vitesse 250 t : min, permettent de réaliser la distribution à deux ponts de 250 v.

Les deux batteries d'accumulateurs qui complètent cette sous-station sont installées dans une salle spéciale au-dessus de la salle des machines. Elles ont chacune une capacité de 726 A-h avec 280 éléments par batterie

Digitized by Google

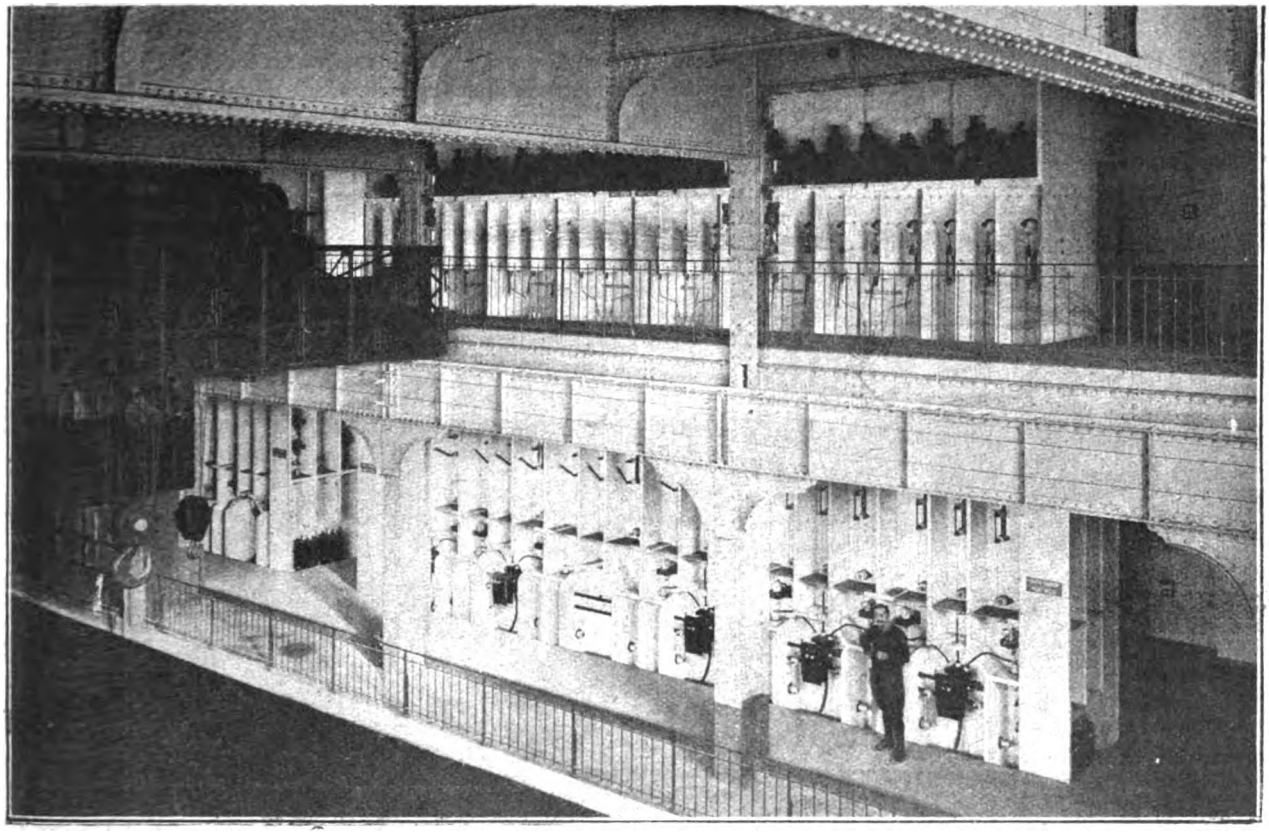


Fig. 17. — Vue d'ensemble des première et deuxième galeries montrant l'appareillage électrique, côté opposé aux disjoncteurs de la sous-station d'éclairage et aux interrupteurs du poste de sectionnement, partie 5 000 v.

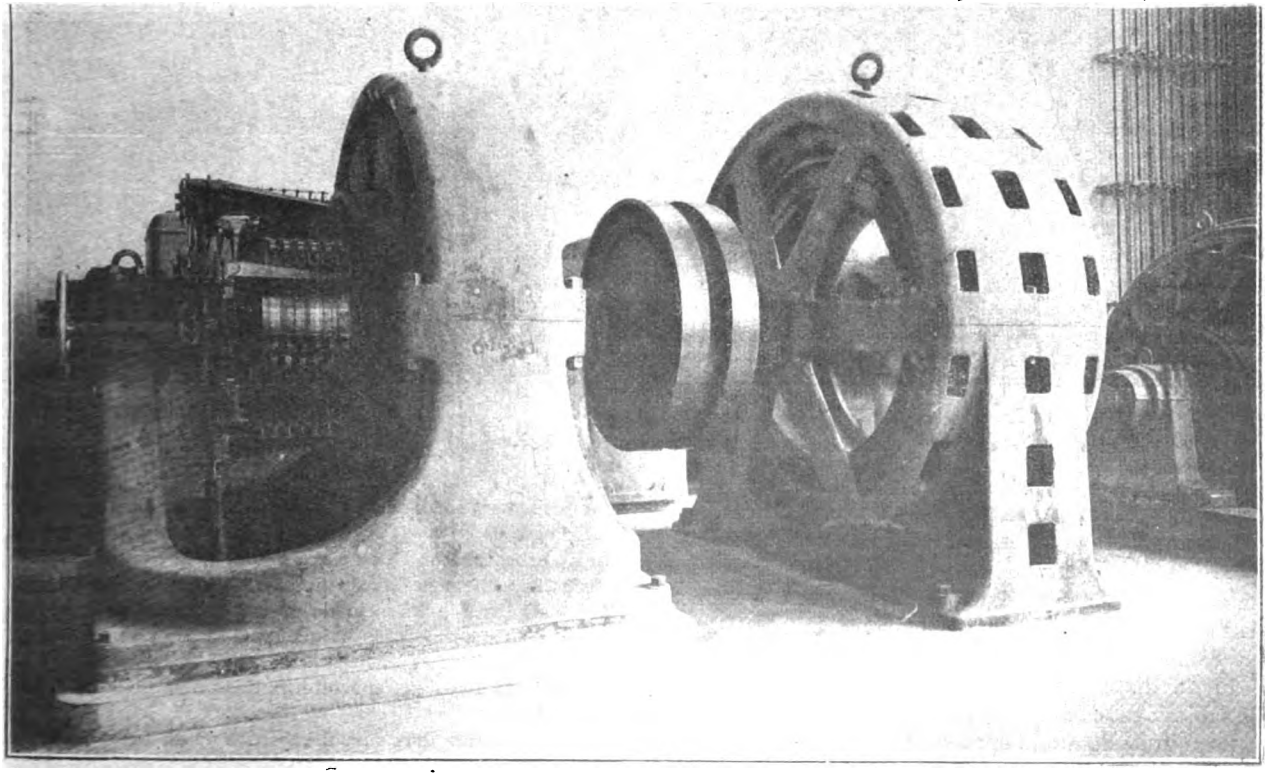


Fig. 18. — Groupe convertisseur de 600 kw. type Westinghouse.

Digitized by Google

et ont été fournies et installées par la Société Tudor.

Leur régime de fonctionnement est défini par les conditions suivantes :

Charge. Régime normal.....	240 A.
Régime maximum.....	360 A.
Décharge. Régime.....	720 A.
Capacité de décharge : en une heure...	720 A-h.
id. en dix heures...	1 440 A-h.

Le poids d'un élément à vide est de 240 kg, avec acide 340 kg.

La figure 23 donne une vue d'ensemble de l'une de ces batteries pendant la période de montage.

Les batteries sont appelées à fonctionner d'ordinaire en parallèle avec les génératrices des groupes convertisseurs. En cas d'arrêt des égalisatrices, elles peuvent alimenter les deux ponts. Elles comportent chacune une série de bacs de réduction chargés par les génératrices des groupes survolteurs et intercalés, selon les besoins, dans le circuit général au moyen de réducteurs actionnés par une commande à distance effectuée à la main du tableau de distribution.

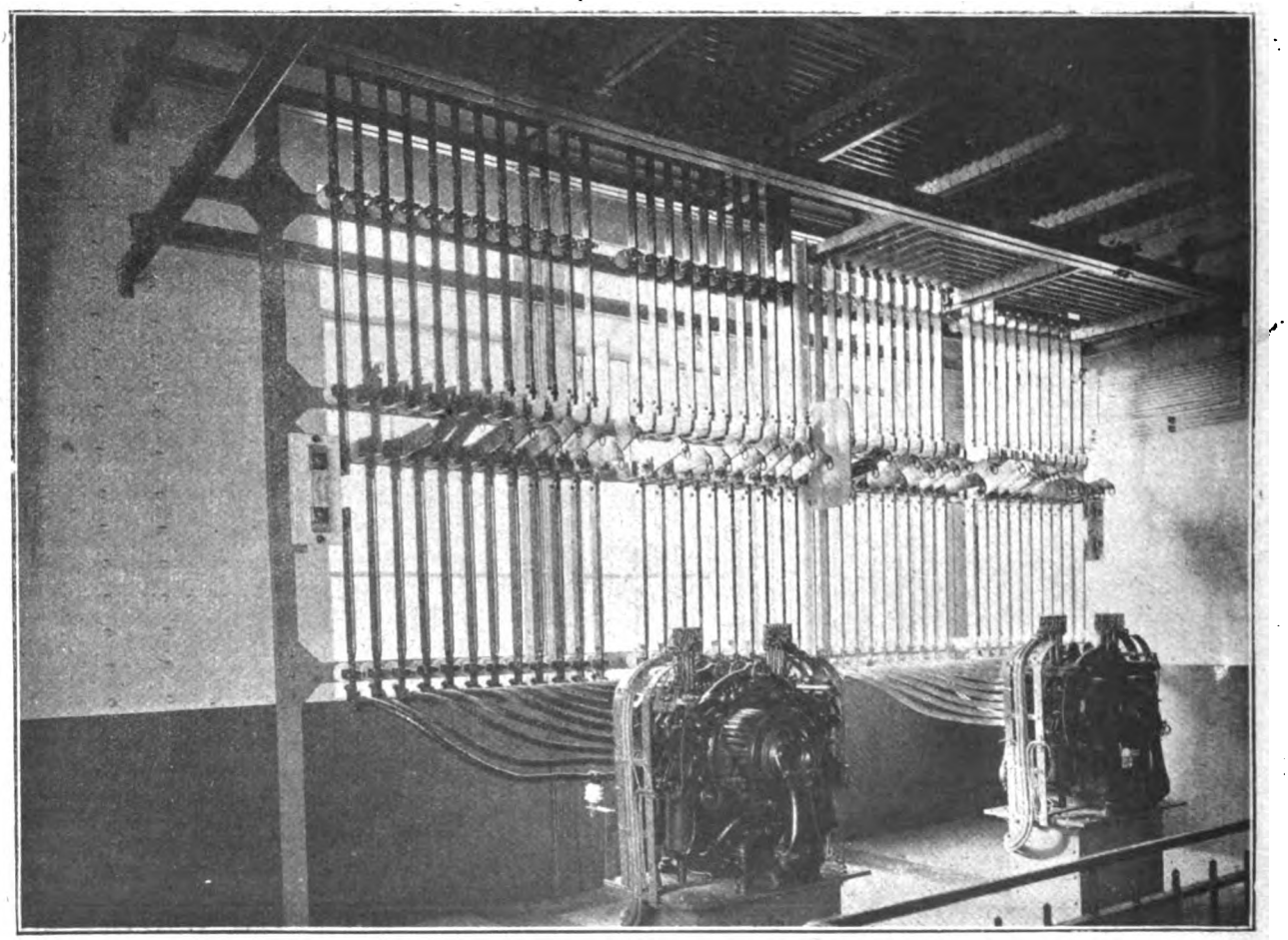


Fig. 19. — Vue d'un groupe de deux réducteurs, type Vedovelli, et des barres de réduction.

La figure 19 donne l'ensemble d'un groupe de deux de ces réducteurs et la disposition des barres qui les relient aux bacs de réduction.

La figure 20 donne une vue en dessous de ces mêmes barres dans la salle des accumulateurs.

La commande des diverses machines s'effectue du tableau de distribution représenté en figures 21 et 24.

Ce tableau est constitué par 16 panneaux en marbre bleu turquin de 60 mm d'épaisseur, monté sur une charpente métallique.

Le panneau 1 est affecté à la commande de deux groupes de démarrage ;

Les panneaux 2 et 3 au démarrage et à la commande des moteurs asynchrones des groupes de 600 et de 300 kw.

4, 5 et 6 aux génératrices de groupes de 600 kw ;

7 et 8 aux génératrices des groupes de 300 kw ;

9 et 10 aux deux égalisatrices ;

11, 12 et 13 aux deux survolteurs des ponts de la batterie n° 1.

14, 15 et 16 aux deux survolteurs des ponts de la batterie n° 2.

Digitized by Google

Le courant continu, 500 volts, deux ponts, fourni par ce tableau est d'abord enregistré par des compteurs totalisateurs. Il est ensuite conduit par trois barres en cuivre nu, placées en Q (fig. 9), à trois tableaux installés au niveau de la salle des accumulateurs, dans un local aménagé à cet effet et surmonté de la tourelle de départ des canalisations aériennes.

La figure 26 montre la disposition de cet ensemble et l'escalier tournant qui aboutit à la tourelle.

De ces tableaux partent, en trois faisceaux distincts, tous les feeders destinés à l'éclairage et au transport de force de l'ensemble qui constitue le groupe de Batignolles. Deux de ces tableaux alimentent les feeders qui utilisent la tourelle de départ. Les feeders, qui partent du troisième, descendent dans la salle des machines suivant R (fig. 9) et aboutissent à la galerie souterraine dont il a été question au sujet du départ des feeders de traction. La figure 27 donne la vue arrière de ce tableau.

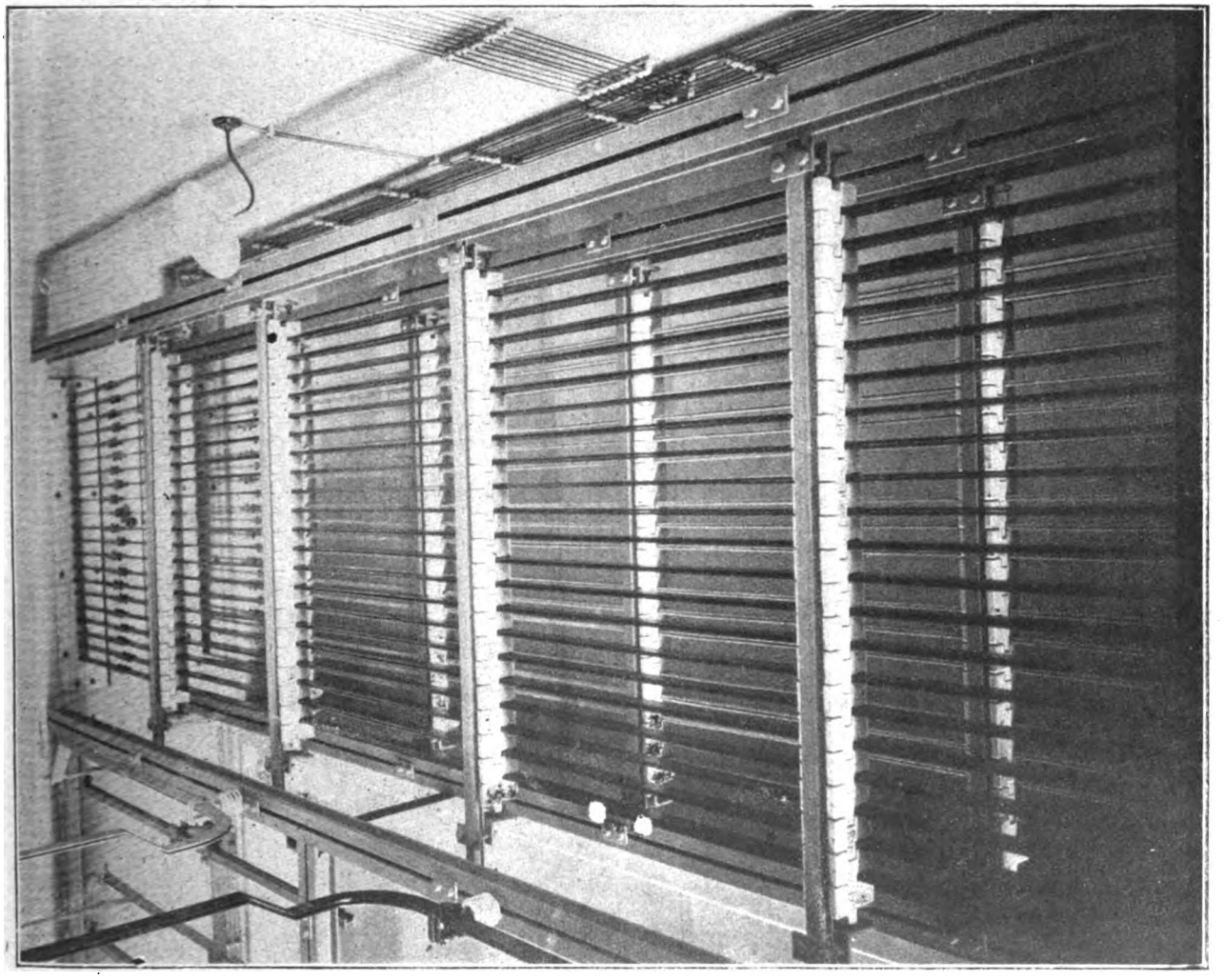


Fig. 20. — Vue montrant le faisceau des barres de réduction dans la salle des accumulateurs.

La figure 25 montre la tourelle de départ des feeders.

Manutention et appareils divers. — Les manutentions diverses concernant le montage et le démontage des machines de traction et d'éclairage sont effectuées à l'aide d'un pont roulant actionné électriquement ayant une portée de 14,90 m (fig. 7). Ce pont est muni de deux treuils de levage distincts montés sur un chariot commun et établis pour les deux charges maxima de 30 t et de 5 t avec deux mécanismes de levage indépendants et deux crochets.

Les trois mouvements de ce pont : levage de la charge, translation du chariot et translation du pont sont complètement indépendants et peuvent au besoin avoir lieu simultanément.

Ce pont est donc établi avec quatre moteurs qui sont alimentés par le courant continu, 500 v, fourni par la sous-station d'éclairage et de force.

Digitized by Google

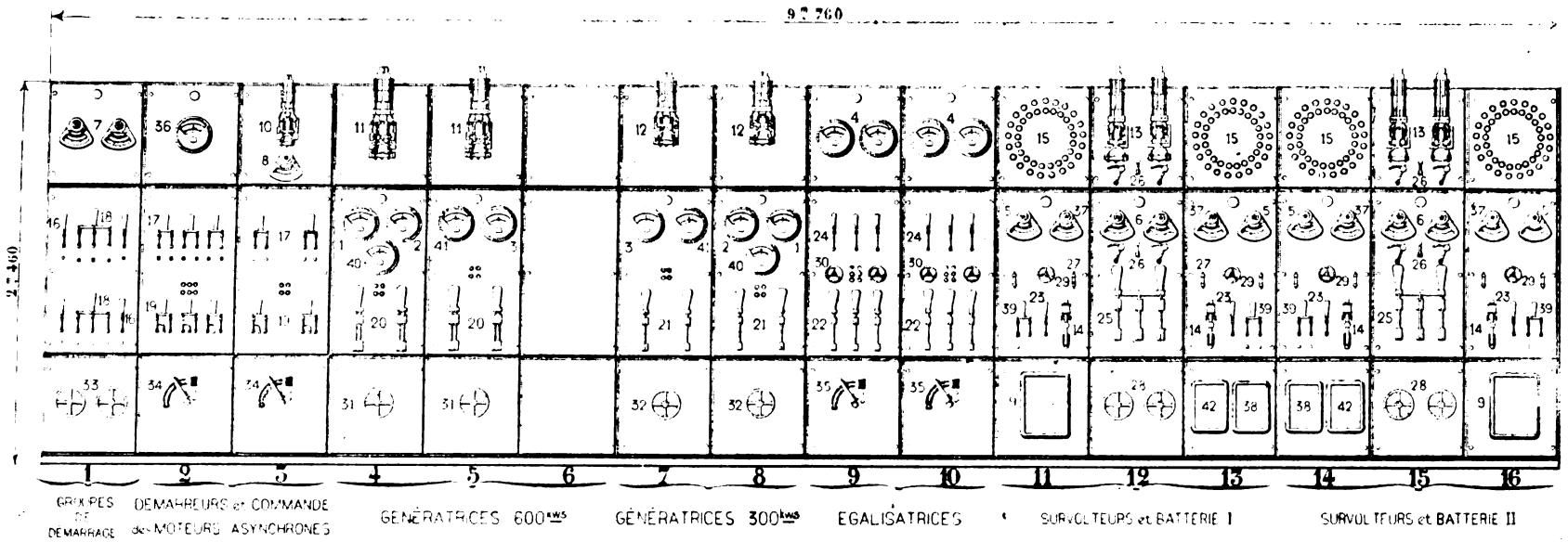


Fig. 21. — Élévation du tableau de distribution basse tension de la sous-station d'éclairage et de force.

1 Ampèremetre CC 35 A.
2 id. 2 500 A.
3 id. 1 000 A.
4 id. 600 A 0 a 600.
5 id. 100 A.
6 id. 1 000 A 0 a 1 000.
7 id. 150 A.
8 id. 300 A.
9 Compteur 3 000 A.
10 Disjoncteur type balai 300 A.
11 id. 1 600 A.
12 id. 800 A.
13 id. 1 000 A.
14 Disjoncteur a maxima et a minima 100 A.
15 Indicateur de position des réducteurs.
16 Inverseur unipolaire 100 A.
17 id. bipolaire 100 A.
18 id. tripolaire 200 A.
19 Interrupteur de champ 100 A.
20 id. unipolaire de 1 600 A.
21 id. id. 600 A.
22 id. id. 500 A.
23 Interrupteur unipolaire de 100 A.
24 id. id. 50 A.
25 id. tripolaire de 1 000 A.
26 Interrupteur de manœuvre des réducteurs de charge et de décharge.
27 Fusible.
28 Rhéostat de démarrage des moteurs de survolteurs.
29 Rhéostat d'excitation pour survolteur.
30 id. pour égalisatrice de 100 kw.
31 id. génératrice de 600 kw.
32 id. id. 300 kw.
33 id. excitatrice de 30 kw.
34 Rhéostat de démarrage des génératrices de 600 et de 300 kw.
35 Rhéostat de démarrage des égalisatrices.
36 Voltmètre 600 v.
37 id. 110 v.
38 Voltmètre enregistreur 300 v.
39 Inverseur bipolaire 100 A, 250 v.
40 Ampèremètre CA 120 A.
41 id. 70 A.
42 Ampèremetre enregistreur.

Digitized by Google

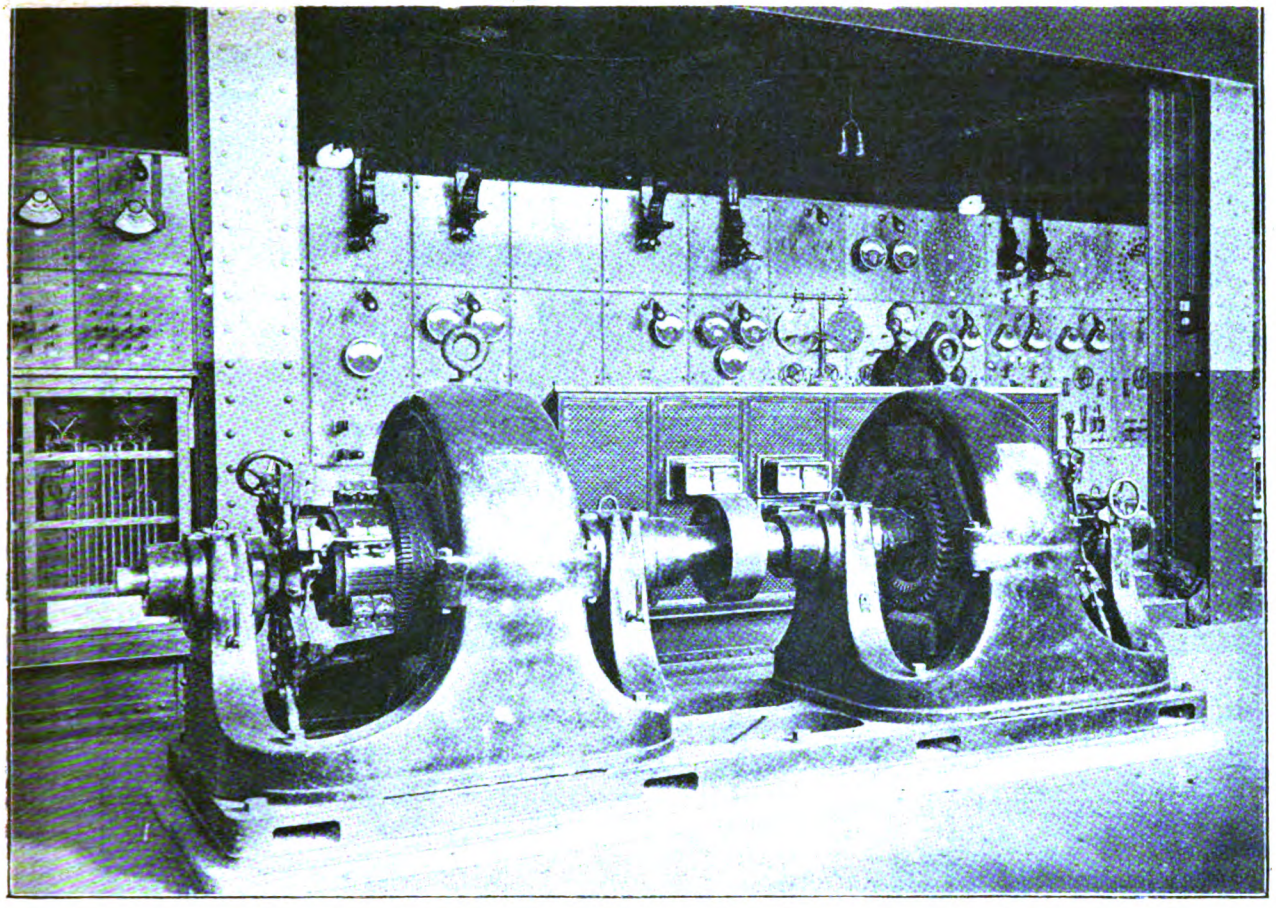


Fig. 22. — Egalisatrice de 2 × 100 kw, type Westinghouse.

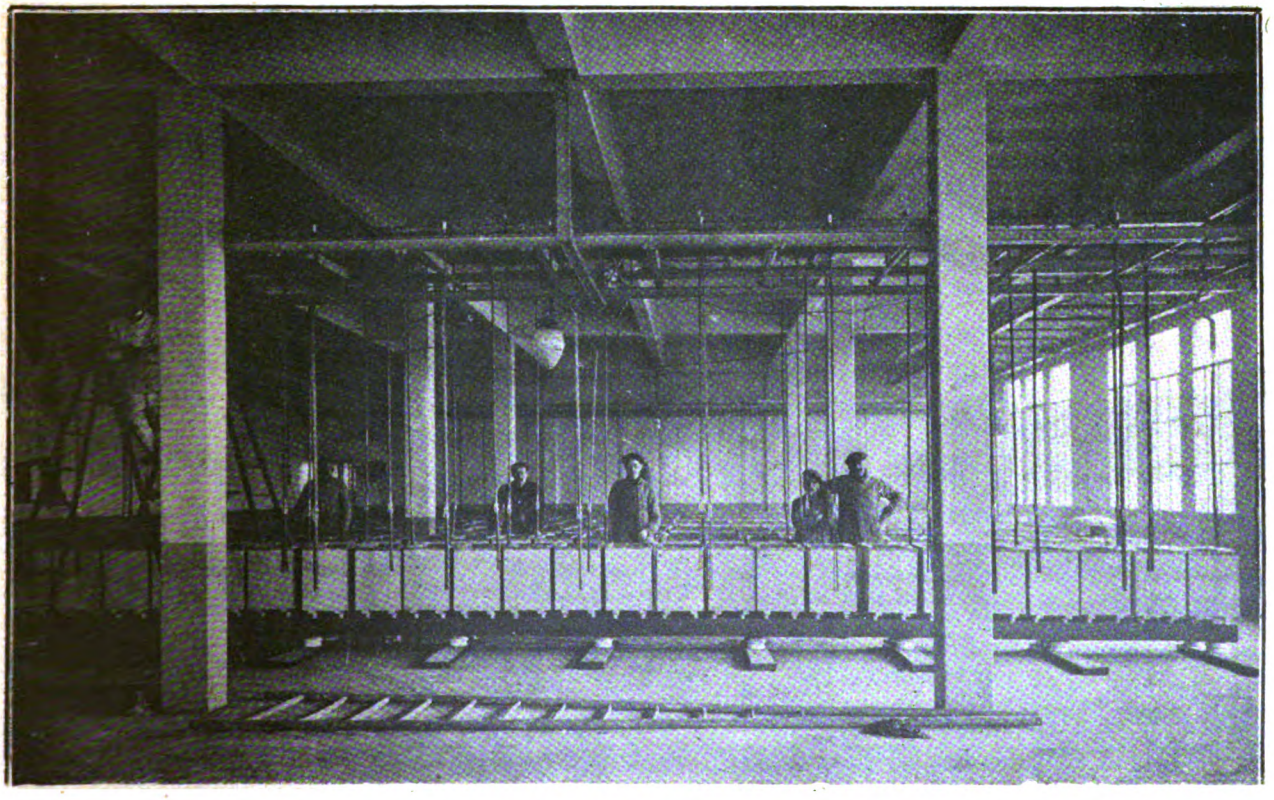


Fig. 23. — Vue d'une batterie d'accumulateurs.

Digitized by Google

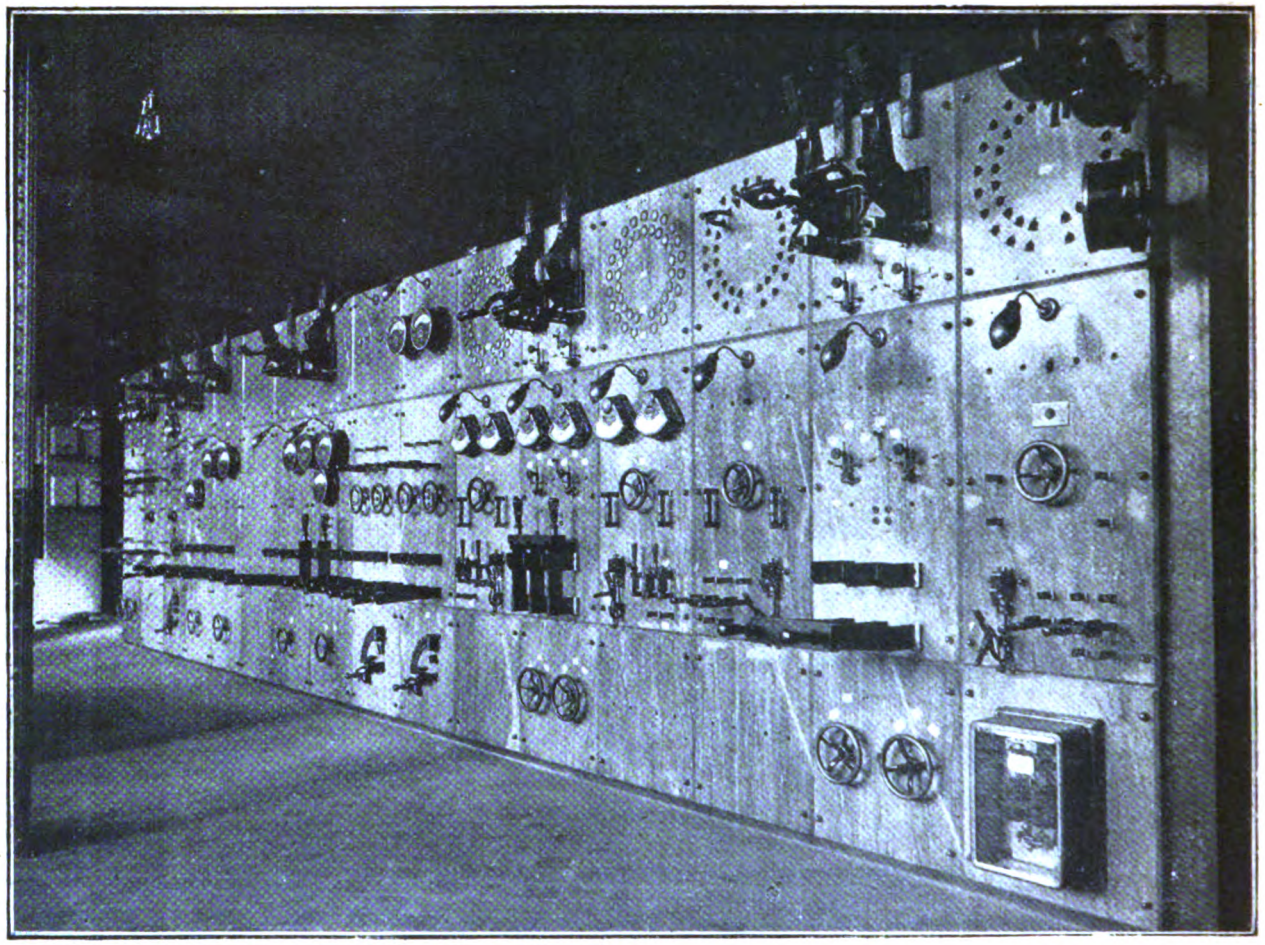


Fig. 24. — Vue d'ensemble du tableau de distribution basse tension de la sous-station d'éclairage et de force.

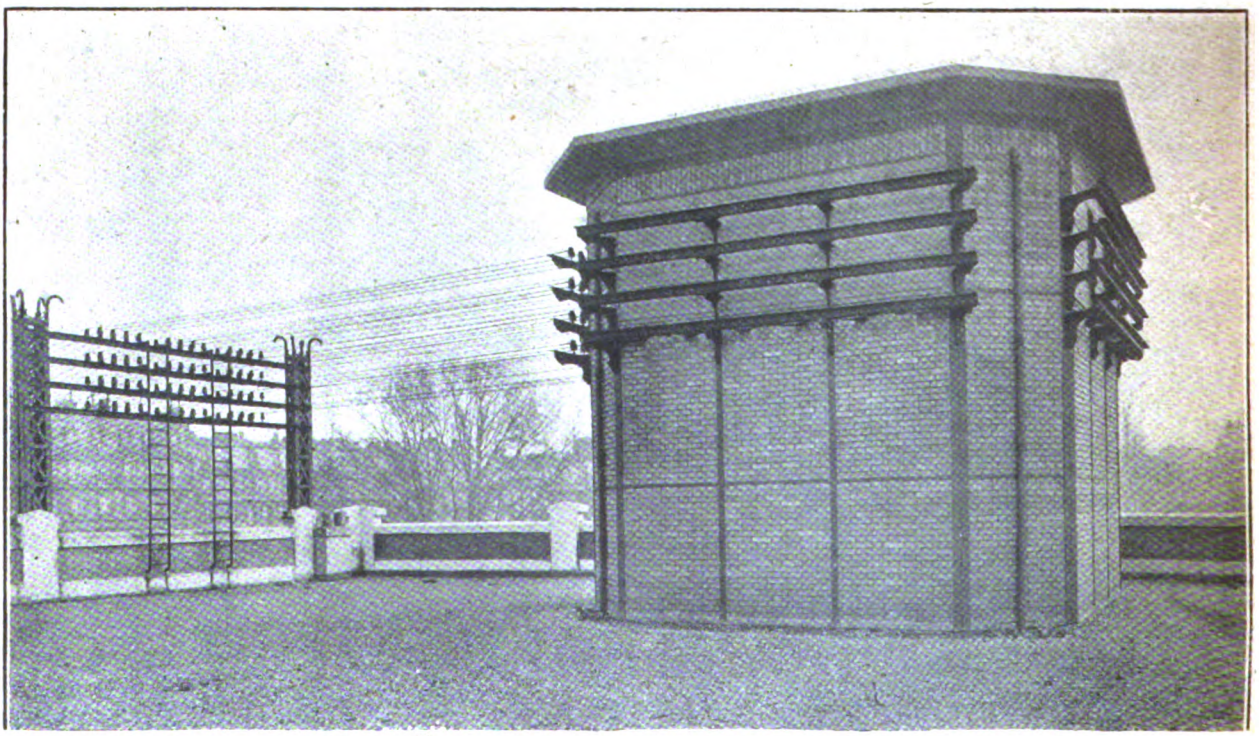


Fig. 25. Tourelle de départ des feeders.

Digitized by Google

Les vitesses de régime, en mètres par seconde, des divers mouvements sont les suivantes aux charges maxima :

Levage : Treuil de 30 tonnes : 0,020 m : sec.
— : Treuil de 5 tonnes : 0,100 m : sec.
Translation du chariot : 0,300 m : sec, environ ;
— du pont : 0,400 m : sec, environ.

La manœuvre des divers mouvements est obtenue au moyen d'appareils réunis dans une cabine suspendue à l'extrémité du pont.

Ce pont a été fourni par la Société de construction et de location des appareils de levage.

En vue de faciliter les manutentions, les différents étages du bâtiment sont desservis par un monte-charge électrique de 500 kg. La benne, munie d'un parachute, a 1,500 m de longueur utile sur 1 m de largeur et 2 m de hauteur. La tension du courant d'alimentation est de 250 v. Vitesse de montée et de descente : 0,10 m : sec.

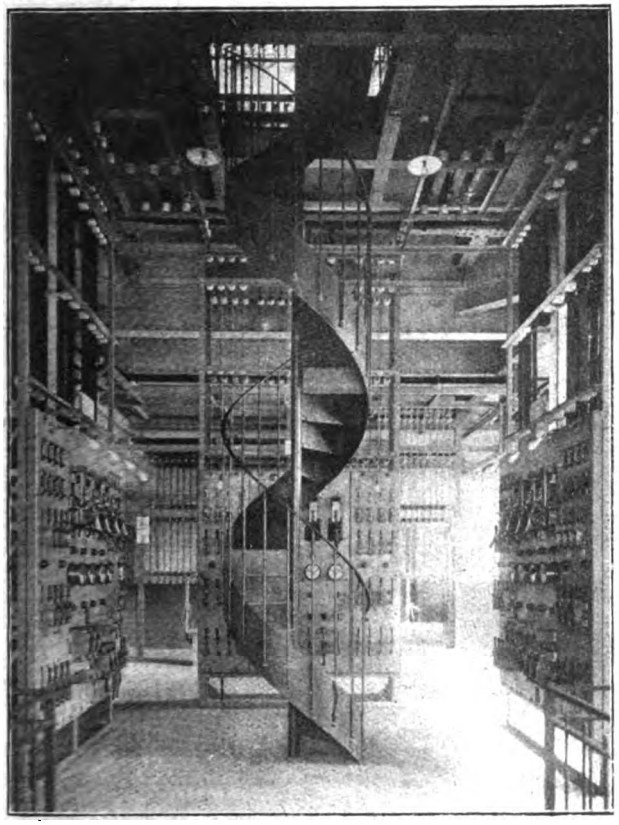


Fig. 26. — Disposition d'ensemble des trois tableaux de départ des feeders fournis par Brandt et Fouilleret.

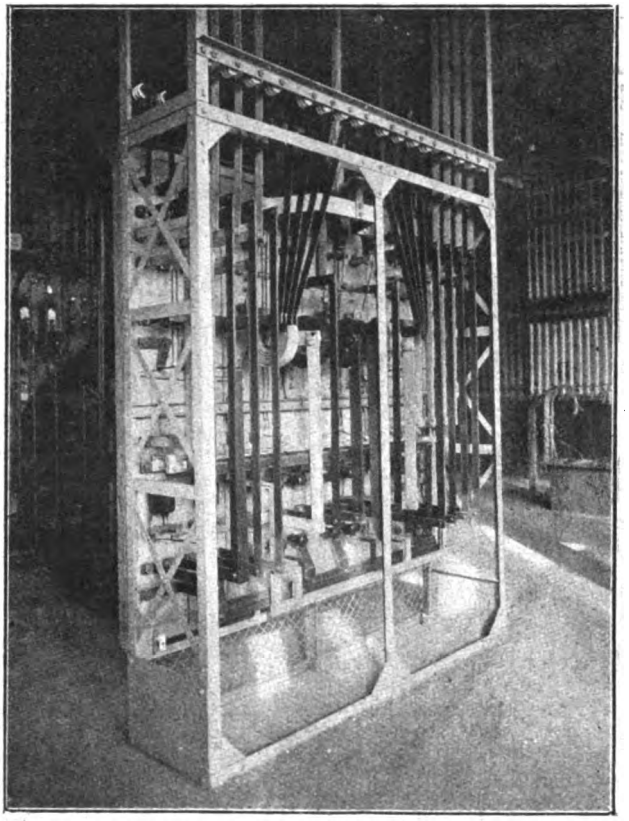


Fig. 27. — Vue arrière du tableau de départ des feeders d'éclairage et de force dirigés vers la galerie souterraine.

Enfin, une voie de service partant d'une plaque tournante montée sur une voie extérieure parallèle au bâtiment a été installée en vue de l'entretien général du matériel de la sous-station.

Installations annexes. — Les locaux annexes suivants : ateliers, magasin, vestiaire, lavabos, réfectoire, etc..., sont accolés au bâtiment de la sous-station, côté opposé aux voies (fig. 9).

L'atelier est destiné à assurer l'entretien de l'ensemble de la section électrique de Batignolles. Il possède, avec quelques étaux, les machines-outils nécessaires en vue de cet entretien : petit tour, forges, machine à percer, étau-limeur, etc...

Un petit pont roulant à bras de 2 t, de 5,330 m de portée, dessert cet atelier.

C. Thomas,
Inspecteur principal au Service électrique des Chemins de fer de l'Etat.

Digitized by Google

Représentation en relief de l'énergie distribuée

Représentation en relief de l'énergie distribuée.

Nous employons dans nos stations centrales le procédé très simple suivant pour représenter l'énergie distribuée. Tous les jours, le dessinateur, chargé des graphiques de l'usine, découpe une fiche en carton suivant la courbe des kilowatts-heure. Les fiches sont rangées côte à côte dans une boîte, comme le montre la figure ci-contre (fig. 1). Elles forment un relief qui figure d'une manière très expressive l'énergie distribuée.

Les fiches ont les dimensions suivantes : 25 × 18 cm. et la boîte pour douze mois : 50 × 20 cm. On y inscrit diverses indications : accidents, arrêts, singularités, etc. Elles se font en carton, en bois mince, en gélatine. On constitue ainsi des archives techniques peu encombrantes et très utiles.

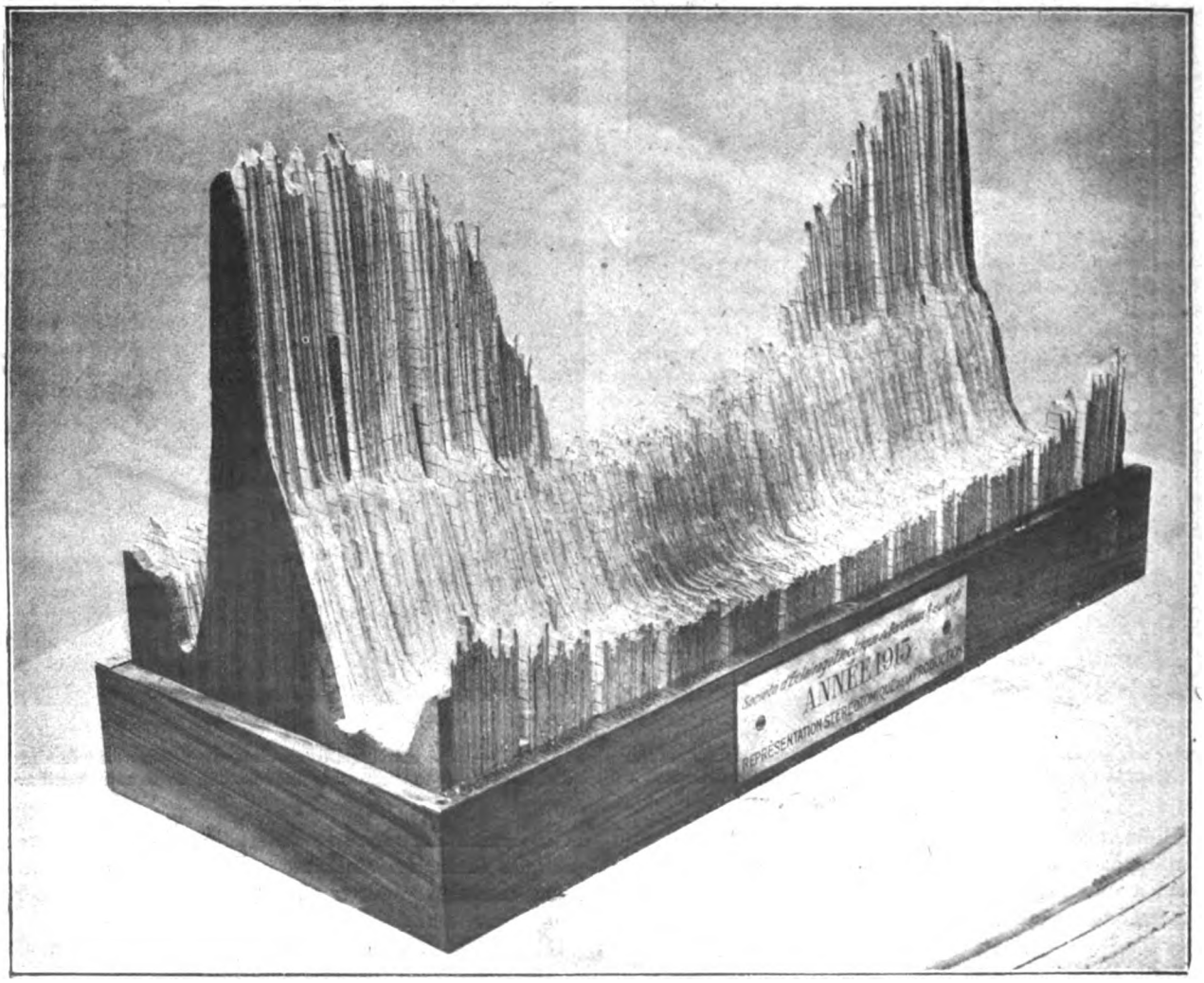


Fig. 1. — Représentation en relief de l'énergie distribuée par la Société d'éclairage électrique de Bordeaux et du Midi.

Ce bloc de fiches est consulté par tous les services de la station. L'ingénieur de l'usine, en examinant le bloc de l'année et celui de l'année précédente, prépare facilement l'ordre de marche de ses machines. L'ingénieur des réseaux note les accidents périodiques : tempêtes, orages, surcharges. Le chef commercial se rend compte des conditions d'utilisation, et il est tout naturellement porté à rechercher des abonnés pour combler les vallées du relief. Les financiers, peu au courant de la technique de l'électricité, en considérant ces blocs, saisissent très

Digitized by Google

bien les qualités commerciales d'une affaire et suivent son développement dans la série des reliefs. De semblables documents peuvent utilement être joints aux bilans pour l'étude d'une Société d'électricité.

Les fiches se prêtent à l'étude de divers problèmes d'exploitation. On peut, par exemple, en les pesant, déterminer l'énergie distribuée entre deux dates quelconques. En les sectionnant par des plans horizontaux, on se rend compte des époques d'égale charge, etc., etc.

La forme du relief caractérise l'état commercial d'une distribution, mais elle varie aussi avec la situation géographique d'une station. L'aspect du relief d'une ville de l'Equateur, par exemple, différera du relief ci-contre qui se rapporte à un secteur de Bordeaux et caractérise par suite une ville de l'ouest de la France. Il serait très intéressant de réunir dans une exposition électrotechnique les reliefs des principales villes du monde.

Ce système de représentation s'applique évidemment à tous les phénomènes continus qui peuvent se représenter par une courbe quotidienne : distributions de gaz et d'eau, pression barométrique, températures, état hygrométrique, régime d'un cours d'eau. Il est particulièrement commode pour l'étude des conditions d'utilisation d'une chute. On construit à la même échelle un bloc de bois représentant l'énergie disponible, par différence avec le bloc des fiches on voit l'énergie qui reste encore à vendre, on peut la débiter matériellement en tranches, correspondant à la force motrice, l'électrochimie, etc..., qu'on met en vente successivement.

Au moment où l'on s'occupe de réglementer la vente du gaz et de l'électricité en vue de réduire la consommation de charbon, il serait assez intéressant d'établir ces reliefs pour quelques grandes villes.

A. Ticier.

L'établissement d'un catalogue

Pour établir un catalogue, il faut, outre un certain goût artistique, des connaissances techniques que trop souvent ne possèdent point ceux qui sont chargés de ce travail. Aussi le client ne trouve-t-il pas dans les catalogues les renseignements qu'il désire. Dans l'article ci-dessous, l'auteur indique comment doit être organisée la confection d'un catalogue pour que celui-ci réponde aux désirs de l'acheteur.

Tout le monde est d'accord actuellement pour reconnaître que la supériorité industrielle et commerciale des Allemands sur leurs concurrents provenait d'une meilleure organisation, de l'observation d'une méthode rigoureuse jusque dans les moindres détails. Parmi les domaines où notre infériorité, due au manque de méthode, est surtout sensible, il faut citer l'établissement des catalogues. La plupart de nos fabricants n'ont pas de catalogues, ou s'ils en ont un, il est tellement incomplet qu'il ne sert à rien [1].

Je ne me suis jamais occupé de la fabrication des appareils électriques, mais seulement de leur application, et il peut sembler étrange, à première vue, que je veuille donner des indications pour l'établissement d'un catalogue de ces appareils; en réalité c'est assez rationnel : le catalogue est l'intermédiaire entre le fabricant et le client, il est dressé par le fabricant pour être utilisé par le client et il doit être établi pour la plus grande commodité de celui-ci; dès lors, il est naturel que le client soit seul compétent pour indiquer ce qu'il désire voir figurer dans un catalogue, et l'ordre dans lequel les renseignements doivent s'y trouver.

Le temps n'est plus où l'industriel désireux d'éclairer son usine à l'électricité, ou d'y installer quelques moteurs à courant continu, faisait venir un représentant du fabricant et lui disait : « Je veux utiliser l'électricité pour l'éclairage et la transmission d'énergie; je ne suis pas compétent en la matière, aussi je vous prie de me présenter un devis avec offre à forfait pour l'ensemble du travail ». Actuellement, le client est un spécialiste électricien chargé de la construction ou de l'extension d'installations souvent importantes : réseau urbain d'éclairage ou de tramways, centrale thermique ou hydraulique, électrification de grandes industries, etc., etc... Il est toujours pressé, soit parce qu'il lui est imposé un délai d'exécution, soit parce que ses commettants ont intérêt à profiter, aussitôt que possible, des travaux dont ils lui ont confié l'exécution. Il doit élaborer un projet technique complet, souvent compliqué, et pour cela il doit posséder toutes les caractéristiques des appareils qu'il emploiera; il lui est impossible d'employer un matériel donné s'il doit perdre un temps précieux en correspondance pour arracher une à une au constructeur les données techniques qui lui sont nécessaires. Même si ce matériel est avantageux à certains points de vue, il sera *obligé* de renoncer à son emploi.

Je sais que le constructeur connaît parfaitement les caractéristiques techniques des appareils qu'il vend, mais ce qu'il ne comprend pas en général, c'est que ces données peuvent être indispensables à l'acheteur, et que le seul moyen de les lui présenter sous une forme com-

[1] Etant Belge, j'avais en vue, en écrivant ces lignes, l'industrie belge. Avant la guerre, je ne me serais pas permis de les publier dans un journal français et par là même d'étendre mon appréciation à l'industrie française. Actuellement le sort des deux pays est tellement étroitement lié, les sentiments de sympathie sont tellement avivés que je crois pouvoir le faire : personne ne verra dans cette constatation autre chose que le désir d'être utile en étant sincère.

Digitized by Google

plète et commode, c'est de les réunir en un catalogue bien fait.

Mon but est d'indiquer le plan général suivant lequel le catalogue d'une maison de construction d'appareils électriques de tous genres pourrait être dressé, et de montrer, par l'étude plus détaillée de quelques exemples concrets, jusqu'à quel point il est indispensable de pousser la minutie et la précision des renseignements fournis.

Forme et aspect extérieur. — Le catalogue peut être édité soit sous forme de volume unique relié ou broché, soit sous forme de fascicules séparés formant par leur réunion des sections que l'on relie suivant les besoins sous des couvertures mobiles spéciales. En général, le second système est préférable; il présente l'avantage de permettre la tenue à jour continuelle du catalogue : chaque fois que l'on apporte une modification à un type d'appareils il suffit de rééditer le fascicule correspondant. Il permet en outre d'éviter l'envoi du catalogue complet, toujours coûteux, à des clients qu'une seule section intéresse. Le catalogue par fascicules séparés est aussi d'un emploi plus commode pour le client qui peut, en cas de besoin, en détacher les divers fascicules pour les distribuer à des employés travaillant simultanément.

Le catalogue, sous forme de volume unique, ne se justifie que pour des maisons spécialisant un petit nombre d'articles et dont le catalogue complet n'est pas très développé. Il peut parfois alors être moins coûteux par suite de la petite économie que l'on peut réaliser sur les reliures, couvertures, etc., etc.

Dans la suite de cet article nous supposerons choisi le système par fascicules; les différents fascicules se rapportant à un même genre d'articles constituent une *section* et sont reliés sous une couverture spéciale amovible, de couleur déterminée pour chaque section, et portant comme titre le numéro de la section et la désignation des articles qu'elle comporte.

Le format du catalogue doit être choisi de façon à rendre son maniement facile; un format assez petit, par exemple entre 12 × 16 et 16 × 24 cm convient parfaitement.

L'édition doit être très soignée, même quelque peu luxueuse. Le papier doit être de bonne qualité pour permettre une impression parfaitement claire et une reproduction nette des croquis et photographies indispensables.

Tous les détails doivent concourir à donner à l'ensemble un aspect aussi ordonné et méthodique que possible, et, pour augmenter la clarté, il est bon de faire appel aux procédés typographiques convenables : caractères de grandeur et de types différents, emploi des encres de couleurs, etc. Il faut que les fascicules soient entaillés de telle sorte que, placés dans la reliure mobile pour former une section, tous les numéros soient visibles simultanément.

Une fois choisi le format et l'aspect extérieur du catalogue, il faut respecter scrupuleusement ce choix. Certaines maisons allemandes, qui ont cependant en général des catalogues bien établis, ont édité ceux-ci en plusieurs formats. Les fascicules d'un format ne correspondent pas à ceux de l'autre, certains appareils sont décrits dans les deux séries de fascicules, d'autres dans l'une seulement. Il en résulte une confusion dans l'esprit de l'acheteur qui n'est jamais certain d'avoir choisi l'appareil le mieux approprié au but qu'il poursuit, ne sachant pas s'il a examiné tous les types existants et ne s'y retrouvant pas dans cette classification désordonnée.

Il faut, dans l'aspect extérieur du catalogue comme dans la classification des objets catalogués, conserver un caractère d'unité sans lequel on n'obtient jamais un ensemble parfaitement systématique et clair. Et c'est pour cela qu'en entreprenant l'établissement d'un catalogue il faut choisir une forme suffisamment souple pour qu'elle puisse être conservée dans l'avenir, quel que soit le développement que prendra la fabrication des produits à cataloguer; le cadre doit pouvoir être agrandi indéfiniment sans jamais être brisé.

Il ne faut en aucun cas chercher à réduire les frais d'édition du catalogue au détriment de sa clarté ou de son aspect extérieur. Un bon catalogue constitue la meilleure réclame que puisse faire une maison sérieuse, et elle ne saurait la payer trop cher.

Plan général. — La première chose à faire pour dresser un catalogue est d'établir un plan général méthodique. Il importe que celui-ci soit étudié avec soin, car il constitue le casier à compartiments multiples dans lesquels viendront se placer les innombrables données et renseignements divers dont l'ensemble rationnellement classé constitue un bon catalogue.

Dans l'établissement du plan il est indispensable de se conformer à certains principes généraux de classement que l'on adoptera avant de commencer et qui devront être appliqués rigoureusement dans tout le travail; je signale en passant, à titre d'exemple, quelques-uns des points au sujet desquels il faudra prendre une décision de principe.

Dans beaucoup de cas, la distinction entre appareils pour courant continu et pour courants alternatifs, monophasés ou triphasés, permet une division facile : il faut déterminer la façon dont celle-ci sera faite. Certains catalogues sont établis de façon à présenter chaque fois, à côté de l'appareil à courant continu, l'appareil correspondant à courant alternatif; d'autres, au contraire, groupent dans des sections distinctes les appareils pour courant continu et ceux pour courant alternatif. On peut admettre l'un ou l'autre de ces principes : l'important est d'appliquer systématiquement partout le principe choisi. Pour ma part, je préfère de beaucoup le second système : l'acheteur qui dispose de courant continu n'a pas besoin d'appareils pour courant alternatif, et réciproquement; les renseignements inutiles pour lui, qu'il trouvera intercalés entre ceux qu'il cherche, seront plutôt un obstacle puisqu'il n'a pas à faire de comparaison entre deux genres d'appareils dont le choix est prédéterminé. De son côté, le fabricant aug-

Digitized by Google

mente sans profit ses frais de catalogue, en envoyant à ses clients la description d'appareils dont la moitié n'est pas utilisable pour eux.

Dans la présentation des accessoires d'appareils, on peut également suivre deux principes différents : on peut grouper autour de chaque appareil tous les accessoires qui s'y rapportent, ou bien présenter l'appareil isolé et réunir dans un fascicule séparé tous les accessoires concernant une même section ou partie de section. Quoique à première vue il paraisse préférable de présenter chaque appareil avec tous ses accessoires, je préfère le second système. Il évite la répétition continuelle des mêmes renseignements, répétition qui alourdit le catalogue et égare le lecteur; il permet de donner des détails absolument complets sur les accessoires, ce qui est fort difficile sinon impossible avec le premier système; enfin il permet toutes les combinaisons des appareils et des accessoires. Un exemple me fera mieux comprendre : presque tous les catalogues de moteurs indiquent le prix du moteur avec sa poulie, puis, à côté, le prix des glissières et boulons d'ancrage, et enfin, souvent, le prix du rhéostat de démarrage. Qu'arrive-t-il si l'acheteur n'a pas besoin de la poulie; ou si, désirant fixer son moteur sur une construction métallique, il ne veut pas acquérir les boulons de fondation; ou enfin, s'il veut un rhéostat autre que celui qui est désigné comme approprié au moteur qu'il achète? Il doit, ou faire une demande de prix, ou passer sa commande avec indication approximative du prix, en laissant au fournisseur le soin de rectifier celui-ci.

De plus, comment donner des renseignements complets sur chaque accessoire alors que ces données devraient être reproduites à côté de chaque type de moteur? Il faudrait donner le croquis, les dimensions et le poids de la poulie et des glissières, une description du rhéostat avec indication de ses caractéristiques résistance, courant maximum en service continu, courant maximum pendant une minute, courant maximum que le moteur muni de ce rhéostat absorbera au démarrage, etc... Est-il possible de répéter à chaque page toutes ces données?

Combien il est plus simple et plus rationnel de présenter le moteur isolé, sans poulies, ni glissières, ni rhéostat, et d'indiquer au bas de la page : « Pour les glissières voir page... Fascicules... » — « Pour les poulies voir... etc. »

Dans le fascicule spécial, on indiquera : « Poulies employables avec les moteurs des types... », et en regard de chaque diamètre de poulie la puissance maxima transmissible aux différentes vitesses. De même, en plus simple, pour les glissières.

Pour permettre le choix du rhéostat, on indiquera dans le fascicule des moteurs, à côté de chaque type, la résistance du rhéostat permettant de démarrer à pleine charge avec un courant égal à 1,5 fois, 2 fois ou 3 fois le courant normal de pleine charge (ou avec des courants moitié moindres à demi-charge). Ayant ce renseignement, l'acheteur trouvera facilement dans le catalogue des rhéostats celui qui lui convient : il pourra choisir entre un rhéostat métallique sec, un rhéostat métallique dans l'huile, un rhéostat liquide, un rhéostat en plaques de carborundum comprimées,... etc. Il trouvera du reste en regard des prix de chacun de ces appareils une courte notice exposant les avantages qu'il présente et le but qu'il poursuit plus spécialement. Si son réseau ne craint pas les à-coups, l'acheteur pourra faire une économie en admettant au démarrage un courant triple du courant normal; si, au contraire, il craint les variations de voltage il pourra réduire à 1,5 ou même moins le rapport du courant initial au courant normal. En un mot, il aura à sa disposition *tous* les renseignements nécessaires, et le bon catalogue qui les lui aura fournis ne sera pas plus volumineux qu'un mauvais catalogue qui ne lui en aurait fourni que la moitié.

Les pièces de rechange, ou pièces détachées, qui, contrairement aux accessoires, ne concernent qu'un appareil bien déterminé, devront être cataloguées immédiatement après cet appareil.

Détermination des sections. — L'ensemble du matériel à cataloguer doit donc être divisé en sections. Pour effectuer cette première division, on tiendra compte d'abord des divisions naturelles des appareils d'après leurs fonctions : une même section ne doit pas contenir des appareils de natures différentes. On créera ainsi par exemple les sections suivantes : moteurs, génératrices, transformateurs, lampes à arc, appareils de mesure, interrupteurs et fusibles,... etc.

Si le nombre des divers articles rentrant dans chacune de ces sections n'est pas trop considérable, on pourra se contenter de cette division naturelle.

Si, au contraire, le matériel à classer est très développé, les sections ainsi déterminées seraient très volumineuses et comprendraient un nombre considérable de fascicules, ce qui nuirait à la clarté, et encore une fois, amènerait souvent à distribuer à la clientèle plus de fascicules qu'il n'est nécessaire. Il y a donc lieu alors de pousser plus loin la division, ce que l'on obtiendra facilement en séparant les appareils à courant continu, à courant monophasé, triphasé,... etc. Les sections seront alors les suivantes :

Moteurs à courant continu.
Moteurs à courant monophasé.
Moteurs à courants triphasés.
Génératrices à courant continu.
Génératrices à courant monophasé.
Génératrices à courants triphasés.
Lampes à arc pour courant continu.
Lampes à arc pour courant alternatif.
Appareils de mesure pour courant continu seulement.
Appareils de mesure pour courant continu et alternatif.
Appareils de mesure pour courant alternatif seulement.
Etc... etc...

Il peut se faire que les sections ainsi obtenues soient encore trop importantes et contiennent des appareils de natures très différentes qu'il serait avantageux de classer dans des sections distinctes : ce sera le cas lorsque le matériel à cataloguer est très complet. On se guidera alors pour la détermination des nouvelles sections à créer

Digitized by Google

sur la nature du matériel. Si, par exemple, la catégorie des moteurs, tant à courant continu qu'à courants alternatifs, contient des petits moteurs pour usages domestiques, des ventilateurs de différents types, des moteurs avec réduction de vitesse, des moteurs de tramways, des moteurs pour appareils de levage et ascenseurs...etc., on créera une section spéciale pour chaque catégorie, pour autant que le développement de celle-ci le justifie.

Lorsque le catalogue prend une telle importance, la fabrication elle-même est généralement divisée en départements. Chacun de ceux-ci a son catalogue séparé, de telle sorte que l'ensemble du catalogue général est divisé en départements (par exemple : machines rotatives, transformateurs, appareillage,... etc.), lesquels sont subdivisés en sections comprenant chacune un certain nombre de fascicules.

Division en fascicules. — L'élément constitutif du catalogue, est donc le fascicule, qui ne doit comporter qu'un petit nombre de pages et ne présenter que des objets d'une même nature, peu différents les uns des autres. Comme je l'ai dit plus haut, les appareils doivent de préférence être catalogués sans leurs accessoires, ceux-ci étant groupés en un ou plusieurs fascicules pour chaque section.

Chaque fascicule sera composé d'une courte notice explicative mettant en lumière les caractéristiques des appareils catalogués dans ce fascicule, de quelques tableaux et diagrammes accompagnés de remarques groupant, de façon aussi claire que possible toutes les données techniques et commerciales nécessaires, et enfin d'une table des poids et dimensions d'encombrement avec croquis. Le fascicule sera complété par des photographies montrant les appareils sous divers aspects, par une liste des indications à fournir en cas de commande et éventuellement par une liste des pièces détachées avec prix.

Numérotage. — Le catalogue, dans sa forme générale, sera donc composé d'un certain nombre de départements comprenant chacun des sections composées de fascicules. Comment numéroter tout cela pour conserver la clarté et l'élasticité indispensables à l'organisme perpétuellement en transformation qu'est un catalogue ?

Pour conserver l'élasticité, il y a un moyen simple, trop simple même, que l'on adopte souvent : quel que soit le système de numérotage que l'on ait choisi, on laisse de nombreux vides dans la série des numéros, se réservant ainsi la possibilité de la compléter. Ce système est mauvais parce qu'il ne permet jamais au client de vérifier s'il a bien toute la série des publications qui l'intéressent : il n'a pas trouvé exactement l'appareil qu'il cherche, mais, parmi les fascicules décrivant des appareils analogues, il y a un certain nombre de numéros manquants ; l'appareil désiré ne serait-il pas précisément décrit dans un de ces fascicules ? Un numérotage continu aurait évité ce doute. Or, un numérotage continu n'est conciliable avec la condition d'élasticité qu'à condition que chaque département ait un numérotage propre et que, à son tour, chaque section de ce département ait son numérotage.

Les départements seront par exemple désignés par des chiffres romains : I, II, III... Dans chaque département, les sections seront désignées par des lettres majuscules, en commençant chaque fois par A. Enfin dans une section, les fascicules seront numérotés en chiffres arabes.

Un fascicule sera désigné par trois indices ; par exemple : III, M, 2, désignera le fascicule n° 2 de la section M, département III. Sur la couverture du fascicule, en titre, on indiquera par exemple : « *Lampes à arc à crayons convergents pour courant continu* », et dans un coin, en petits caractères :

Département III : *Appareillage et lampes.*
Section M : *Lampes à arc. Courant continu.*
Fascicule 2 : *Lampes à flamme.*

Si l'on adopte le dédoublement de chaque section en appareils pour courant continu et appareils pour courants alternatifs, on peut désigner les sections dédoublées par une majuscule suivie de la lettre A pour le courant continu et de la lettre B pour le courant alternatif. Le lecteur sait ainsi immédiatement qu'il se trouve en présence d'une section dédoublée. La désignation du fascicule ci-dessus serait alors III, MA, 2. Cette désignation abrégée doit être reproduite en haut de la couverture du fascicule et celui-ci doit être découpé de telle façon que les désignations de tous les fascicules soient visibles simultanément, à la manière d'un répertoire alphabétique, lorsque les éléments de la section sont réunis dans la couverture.

Lorsque les sections seront complètes, les numéros des fascicules devront former une série continue. Il y a toutefois ici une petite difficulté : nous avons convenu de cataloguer les appareils sans leurs accessoires, ceux-ci étant réunis en une série de fascicules spéciaux. Il arrivera souvent que ces fascicules spéciaux devront appartenir simultanément à plusieurs sections, comme par exemple les accessoires pour moteurs, poulies, glissières..., etc., qui devront appartenir à toutes les sections de moteurs ; les accessoires pour lampes à arc, qui devront être communs à toutes les sections de lampes à arc..., etc. Quels numéros donner à ces fascicules ? Pour tourner cette difficulté, on peut donner aux fascicules spéciaux un numérotage séparé, hors série, en faisant suivre le numéro d'une lettre conventionnelle, S par exemple, destinée à indiquer qu'ils ne font pas partie d'une section déterminée. La section complète se composera alors comme suit :

III, MA, 1 ; III, MA, 2 ; III, MA, 3 ; III, MA, 4 ; ... 21 S, 34 S..., etc.

Désignation télégraphique. — La désignation télégraphique d'appareils aussi divers et aussi susceptibles de combinaisons et de modifications que ceux dont il s'agit ici constitue un problème délicat à résoudre.

Certaines maisons ont adopté, comme désignation

Digitized by Google

télégraphique, un mot composé d'un assez grand nombre de syllabes dont chacune détermine une caractéristique de l'appareil. Ce système se prête à toutes les combinaisons possibles et permet des désignations tout à fait complètes. Mais il est assez compliqué ; les chances d'erreurs sont considérables tant dans la composition des mots conventionnels et dans leur interprétation à l'usine que dans leur transmission. On arrive du reste souvent à des mots très longs et difficiles à prononcer : ainsi, dans le catalogue d'une grande maison anglaise, les mots GANAVARIDO UPEPEUPITU désignent un voltmètre d'une construction déterminée. Ces deux mots définissent complètement l'appareil jusque dans ses moindres détails, mais ils sont bien compliqués à établir et à transmettre sans erreur et, tout en reconnaissant la perfection théorique de cette méthode, j'ai toujours craint de m'en servir. Enfin, il ne faut pas perdre de vue que les catalogues sont destinés à être traduits en langues étrangères, et que ces mots conventionnels, écrits en caractères étrangers, deviennent très difficiles, sinon impossibles, à transmettre télégraphiquement.

D'autres firmes se contentent de désigner chaque article par un numéro de catalogue. Ce système présente certains désavantages sur le précédent au point de vue de la souplesse ; il ne se prête pas aussi bien à toutes les combinaisons et demande parfois l'adjonction au numéro d'un ou deux mots d'explication. Par contre, il est beaucoup plus simple et plus sûr.

En adoptant ce second système, je proposerais, conformément au principe que j'ai exposé plus haut, de faire, dans chaque fascicule, le numérotage des appareils à partir de 1. Cela permettrait d'y apporter une modification qui lui donnerait un peu de la souplesse des mots conventionnels, sans lui en donner toute la complication. Comme chaque fascicule ne contiendrait probablement jamais plus de 999 numéros différents, ceux-ci n'auraient pas plus de 3 chiffres, et l'on pourrait convenir, pour désigner un appareil analogue à un appareil numéroté, mais un peu modifié, de le désigner par le même numéro compté à partir de 1 000. Par exemple, l'appareil n° 217 modifié portera le n° 1 217. Une seconde modification, donnerait lieu à un numérotage commençant à 10 000 ; l'appareil 217, présentant les *deux* modifications, serait numéroté 11 217. S'il présente la seconde modification seule, il porterait le n° 10 217. On pourrait même aller plus loin, mais il n'est pas désirable d'arriver à des numéros comportant plus de 6 chiffres, pour ne pas tomber dans des complications trop grandes. Le système ainsi proposé est intermédiaire entre le premier et le second système exposés plus haut, mais il présente sur le procédé des mots conventionnels l'avantage d'être plus simple et de prêter moins facilement à erreur.

Une commande télégraphique rédigée d'après les numéros du catalogue, s'exprimerait comme suit :

Fascicule 3MA2 (1) trois pièces 11 217, cinq pièces 10 129, etc.

On pourrait même éviter la répétition du mot « pièces » en convenant d'écrire en lettres le nombres de pièces et en chiffres le numéro d'ordre.

Dans un prochain article, nous concrétiserons les notions précédentes, pour une section relative à un matériel déterminé, les lampes à arc.

F. SCOUMANNE,
Directeur de la
Société « Force électrique », à Bakou.

Revues, analyses et informations

Résultats d'expérience et récents progrès dans les systèmes de protection des stations centrales.

Dans une communication faite récemment à l'American Institute of Electrical Engineers, MM. N.-L. POLLARD et J.-T. LAWSON ont décrit quelques-uns des dispositifs de protection qu'emploie l'importante entreprise de distribution d'énergie électrique, la Public Service Electric C° (1). L'intérêt pratique de cette communication nous a engagé à en donner ici une analyse assez étendue.

La Public Service Electric Company dessert une population de 2 200 000 habitants dans l'Etat de New-Jersey. Elle comprend dix-sept usines d'une puissance totale de 197 800 kw et soixante-trois sous-stations.

Dans les usines principales le courant est produit sous forme triphasée à 13 200 v, soit à 25, soit à 60 p:sec et est dans la plupart des cas distribué sous cette tension entre les diverses stations et sous-stations, par 418 km de câbles souterrains et 68 j km de lignes aériennes.

Dans les usines de moindre importance, le courant est produit à 2 400 v, sous forme diphasée, à 60 p:sec et distribué localement sous cette tension. L'énergie qui n'est pas consommée localement est transformée en triphasé 13 200 v au moyen du système Scott.

Dans certains secteurs, l'accroissement très rapide de la charge a obligé à remplacer quelques lignes à 13 200 v par des lignes à 26 400 v et à installer des transformateurs élévateurs et abaisseurs de rapport 2.

Le système d'exploitation consiste à faire marcher toutes les usines en parallèle, les plus anciennes et les plus faibles servant pour les pointes et comme réserve.

Il y a six ans, les claquages de câbles étaient trop fréquents par rapport à la longueur des canalisations installées. Depuis 1913 le nombre des interruptions dues aux câbles a décru, tandis que la longueur de ceux-ci augmentait. On a obtenu ce résultat en éliminant tout le matériel reconnu défectueux et par l'emploi des appareils de protection et des systèmes de connexion qu'on va décrire.

(1) N. POLLARD et J. LAWSON. — Communication présentée à l'American Institute of Electrical Engineers, le 27 juin 1916. *Proceedings of the A I E E*, juin 1916, t. XXXV, p. 879-899).

(1) Comme il n'est pas possible de transmettre télégraphiquement les chiffres romains, ceux-ci peuvent sans inconvénients être remplacés par des chiffres arabes pour la désignation télégraphique du département.

Digitized by Google

Parafoudres électrolytiques. — L'installation de ces parafoudres a fait disparaître presque entièrement les perturbations dans les machines et décroître les défauts de câbles, mais elle n'a cependant pas donné aux câbles toute la protection désirée. Cela est dû probablement au fait que les surtensions dans les câbles sont sous forme de charges réparties et que les potentiels anormaux y sont locaux et en dehors de l'influence du parafoudre. L'étude de ces défauts de câbles a montré que la plupart sont dus à des pertes à la terre qui donnent lieu plus tard à des courts-circuits. Il a été question de mettre à la terre le neutre du réseau, mais après avoir considéré tous les facteurs du problème, tels que la continuité du service, etc., on a préféré recourir à un extincteur d'arcs à la terre.

Extincteur d'arcs a la terre. — On a installé cet appareil dans la plus grande des usines génératrices et de nombreux parafoudres électrolytiques en différents points du réseau.

L'extincteur d'arcs à la terre est maintenant en service depuis cinq ans et il a fonctionné dans le cas de chaque contact à la terre, en éteignant l'arc et en empêchant l'interruption du service. Il a de plus le grand avantage de préserver la sécurité des personnes : dans six cas au moins, il a empêché des contacts accidentels, faits par des ouvriers, d'avoir une issue fatale. L'appareil se compose de trois interrupteurs à huile unipolaires indépendants, actionnés par moteur, et asservis entre eux électriquement et mécaniquement de façon qu'un seul puisse fonctionner à la fois. Chaque interrupteur est relié au sol d'un côté et à la barre de l'autre. L'extincteur est commandé par un relais de potentiel triphasé équilibré, qui reste inactif dans les conditions normales, mais agit au cas où les tensions du réseau se trouvent déséquilibrées par suite d'une terre sur une phase ; il actionne alors la phase correspondante de l'extincteur, qui à son tour met à la terre la même phase des barres, shuntant ainsi le courant de perte et éteignant l'arc. En cas de court-circuit, le fonctionnement de l'extincteur est empêché par un relais de surcharge qui coupe le circuit de commande de l'extincteur.

Localisateur du cable défectueux. — Cet appareil, dont l'action est concomitante à celle de l'extincteur, a pour objet d'indiquer le feeder particulier sur lequel un arc à la terre se produit. Il se compose d'un relais mis en série dans le neutre des transformateurs d'intensité des feeders. Quand une terre se produit, les courants secondaires des transformateurs se déséquilibrent, ce qui fait agir le relais. Celui-ci actionne une sonnerie et allume une lampe-témoin indiquant le feeder défectueux. Pour agir, le localisateur prend environ 0.15 sec, l'extincteur 0.3 sec.

Il y eut un jour une interruption de 15 min causée par une boîte d'extrémité de câble faisant court-circuit avec une sortie d'alternateur dans une des usines, avant l'installation de l'extincteur et du localisateur. Peu après la mise en service de ces appareils, le même fait se reproduisit, mais fut paré cette fois de telle sorte que nul en dehors de la station centrale ne s'en douta. On a enregistré nombre de cas où une terre s'est produite sur des barres de sous-stations sans causer d'interruption de service.

Essais des cables. — Pendant les premières années de son exploitation, la Compagnie faisait installer ses câbles par le fabricant, mais elle a pris ensuite ce travail à sa charge, dans le but d'en améliorer les conditions. On a fait une étude complète pour rechercher le meilleur système de jonctions.

Tous les câbles, avant la mise en service, sont essayés sous 26 000 v pendant trois minutes, mais on ne les essaye pas périodiquement. Si un câble en service paraît défectueux, on le débranche, on l'essaye à 26 000 v pendant trois minutes, et on le remet en service si nul défaut n'apparaît.

Un câble à 13 200 v ne devrait pas être essayé à une tension plus forte que 26 000 v, l'expérience ayant montré aux auteurs qu'une tension d'essai trop élevée affaiblit souvent l'isolation en quelque point, faiblesse qui se manifeste ensuite par un claquage complet, même sous tension normale.

Essais a haute tension et a haute fréquence. — Les anciens isolateurs employés par la Compagnie, de modèles très variés, non seulement donnaient lieu à des arcs pendant les perturbations, mais aussi se perçaient fréquemment. On accrut alors leur surface de fuite et on les essaya à haute tension et fréquence de 60 p : sec, mais sans résultats satisfaisants. Il y a deux ans, on commença à faire des essais à haute fréquence et on reconnut que les isolateurs en usage ne pouvaient subir cette épreuve. On adopta après expériences un modèle où le rapport de la tension de perçage à la tension d'amorçage d'arc est d'environ 2 à 1. Aujourd'hui chaque isolateur mis en magasin ou placé sur la ligne subit un essai à haute fréquence d'une durée de 15 sec. Quoique, l'essai à 60 p : sec ait eu lieu d'abord, environ 2 pour 100 des isolateurs sont éliminés par l'essai à haute fréquence.

Système de connexion des barres-omnibus. — Pour les barres, la disposition idéale est celle qui protège le mieux le matériel, et qui en même temps localise et réduit au minimum les effets des perturbations. Après étude de toutes les connexions de barres employées par les grandes usines génératrices des Etats-Unis, on a reconnu qu'aucune ne serait satisfaisante et on en a adopté une nouvelle, appelée « montage sélectif » et représentée par la figure 1. On a eu

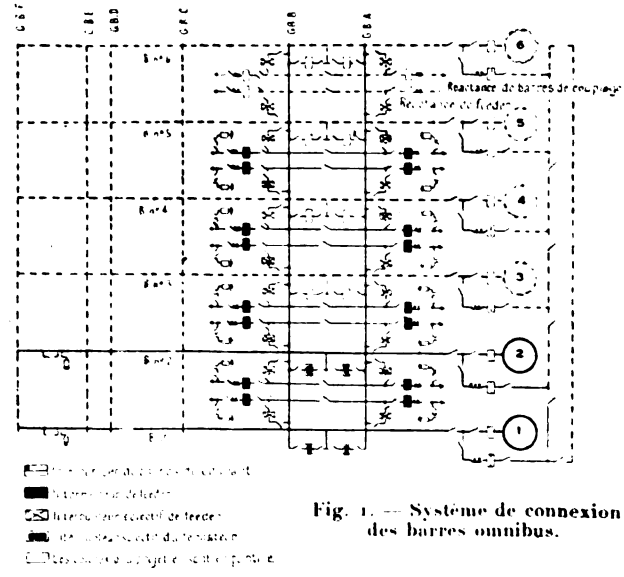


Fig. 1. — Système de connexion des barres omnibus.

en vue les considérations suivantes : maniabilité ; simplicité ; limitation des courants anormaux ; continuité du service.

Le montage est fait pour six alternateurs et se compose d'un jeu de barres de couplage en boucle, de six jeux de barres d'alternateurs et de six jeux de barres pour groupes de feeders, de dix feeders chacun. C'est le système le plus maniable actuellement connu. Au moyen des interrupteurs à huile sélectifs des feeders, les interrupteurs à huile des feeders peuvent être reliés à l'un ou l'autre de deux jeux de barres de groupes donnés ; aussi les vingt feeders reliés aux barres de groupe A et B peuvent être tous reliés aux

Digitized by Google

barres de groupe A ou aux barres de groupe B ou, partagés entre les deux. Chaque alternateur pouvant être relié directement à telle ou telle partie de la charge, ou à plusieurs, on obtient la plus grande souplesse de manœuvre possible. Les alternateurs sont reliés à des barres de couplage par l'intermédiaire de réactances et peuvent en tout temps fonctionner en parallèle.

Système de connexion des excitatrices. — L'excitation doit être assurée par plusieurs sources d'alimentation. Ses barres collectrices doivent être disposées de telle sorte que la défection d'une des sources ne puisse affecter les autres, sauf par son effet momentané sur la tension des barres principales. Le système qui sera adopté dans l'usine d'Essex est représenté par la figure 2. Chaque alternateur a une excitatrice en bout d'arbre, et il y a de plus trois excitatrices de réserve et une batterie d'accumulateurs pour le service de secours. Chaque source d'excitation a ses barres particulières. Si la tension vient à manquer sur l'une des excitatrices en bout d'arbre, un relais ferme instantanément le disjoncteur de la batterie, la reliant au circuit d'excitation affecté. Aussitôt après, le disjoncteur de l'excitatrice défectueuse s'ouvre, grâce à l'inversion du courant. On peut alors mettre en route une excitatrice de secours, la coupler en parallèle avec la batterie, puis débrancher celle-ci. Un relais dépendant d'un voltmètre maintient automatiquement la tension de la batterie à la valeur voulue.

Réactances. — On emploie aujourd'hui des génératrices de si grande puissance qu'il faut les protéger contre les

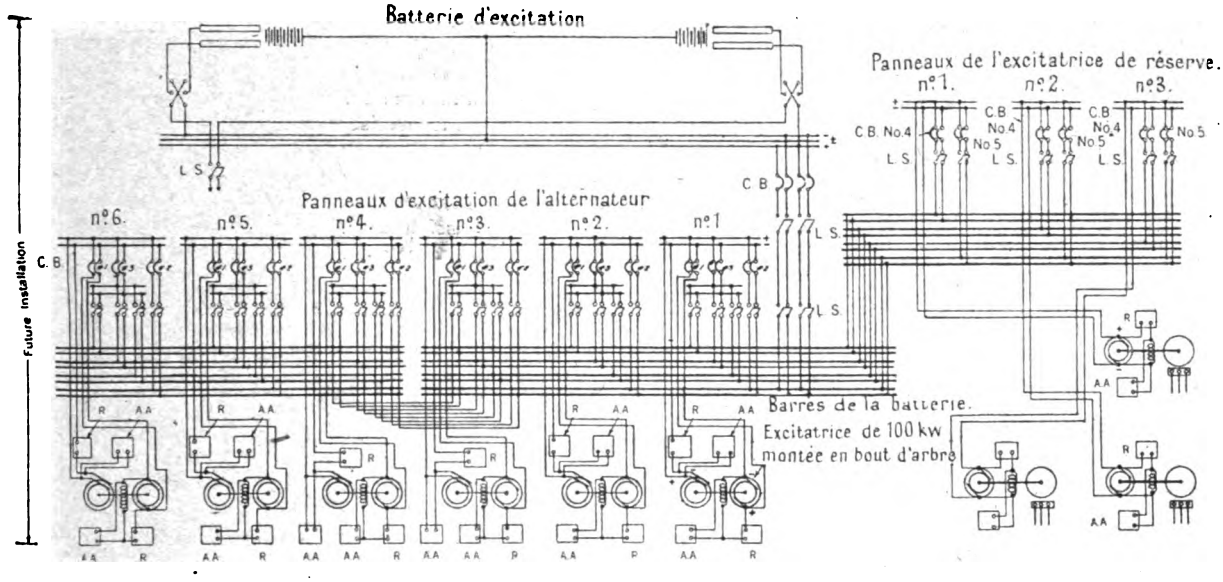


Fig. 2. — Système de connexion des excitatrices.

effets désastreux des courts-circuits au moyen d'une réactance interne ou externe. Quand plusieurs alternateurs fonctionnent en parallèle, il est essentiel d'avoir des réactances dans les barres de couplage ou entre les sections des barres collectrices, afin d'empêcher qu'un court-circuit puisse être alimenté par la puissance totale des alternateurs. Les réactances entre sections de barres limitent bien l'intensité dans une section quelconque, mais elles occupent un espace précieux, compliquent les connexions, et dans les cas où des feeders, marchant en parallèle, sont reliés à différentes sections de barres, il est difficile d'égaliser les courants dans ces feeders. L'emploi des réactances de

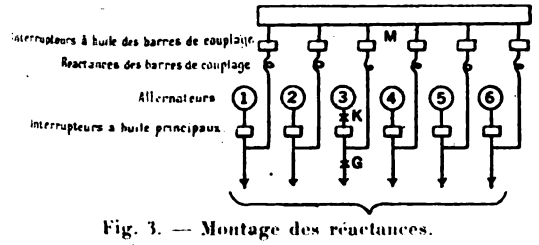


Fig. 3. — Montage des réactances.

barres de couplage n'a aucun des inconvénients des réactances de barres principales, et il limite aussi, dans une section quelconque, le courant de court-circuit à la valeur voulue, suivant la valeur de la réactance. On emploie donc des réactances de barres de couplage, montées comme l'indique la figure 3.

Réactances de feeders. — Il y a deux ans, la puissance génératrice de l'usine Marion avait augmenté de telle sorte que les disjoncteurs à huile, dans certains cas, étaient incapables de couper l'énorme courant de court-circuit. Cela a obligé à installer des bobines de réactance sur tous les feeders à 60 p : sec. On pensa obtenir, outre une limitation du courant de court-circuit, une meilleure action sélective des relais en installant des bobines de réactance aux deux extrémités des feeders de liaison reliant les usines de Marion et de City Dock.

Relais. — Dans l'industrie électrique, on recherchait plus autrefois la protection du matériel que le maintien du service. Aujourd'hui, le matériel étant devenu plus robuste, on admet au contraire que la fonction du relais doit être surtout de maintenir le service aux abonnés.

Pour déterminer le réglage convenable des relais de surcharge à fonctionnement instantané, des relais à retard inverse de la surcharge, et des relais à retard inverse avec temps limité, qui sont employés sur les réseaux de distribution, il faut connaître : 1º La valeur instantanée du courant de court-circuit dans chaque conducteur qu'on veut munir d'un relais; 2º La valeur durable du courant de court-circuit dans chaque conducteur; 3º Le temps néces-

Digitized by Google

saire pour passer de la condition 1° à la condition 2°; 5° Le temps nécessaire pour la coupure du circuit par les différents disjoncteurs automatiques, après que le courant a été appliqué à la bobine de déclenchement; 5° Les intensités qu'on peut faire couper en sécurité par les divers disjoncteurs; 6° Les caractéristiques de temps des divers relais; 7° La probabilité et la valeur des échanges d'énergie dans le cas de circuits fonctionnant en parallèle.

On pourrait, si l'on était renseigné assez exactement sur tous ces points, régler les relais avec précision; mais en fait, on ne peut arriver à aucune certitude. Ainsi les valeurs des courants de court-circuit dépendent des caractéristiques des alternateurs et aussi de l'impédance du circuit. Plus l'endroit du court-circuit est éloigné de l'alternateur, moindre est la différence entre les valeurs instantanée et durable des courants de court-circuit. De plus, les Compagnies, au cours de leur exploitation, doivent nécessairement mettre en service des alternateurs de caractéristiques différentes. Ainsi un relais réglé aux points de vue 1° et 2° pour une machine installée il y a plusieurs années ne donnera pas les mêmes résultats pour une machine nouvelle.

Supposant connus les sept points énumérés, la connaissance des intensités exactes nécessaires pour faire fonctionner un relais n'a guère d'importance, car lorsqu'un court-circuit se produit, ces intensités sont dépassées de plusieurs 100 pour 100. Avec le relais à retard inverse de la surcharge il est impossible d'obtenir un fonctionnement sélectif, car son fonctionnement est instantané pour une forte surcharge; un court-circuit de violence suffisante fait donc devenir instantanés tous les relais situés entre le défaut et la source d'alimentation, et tous fonctionnent, au lieu que ce soient seulement les plus proches du défaut.

On obtient de meilleurs résultats avec le relais à retard inverse et à temps limité, dont le retard dépend de l'action amortissante d'un aimant permanent sur un disque d'aluminium. Ce modèle permet un réglage plus précis qu'aucun autre et conserve son réglage, mais sur un vaste réseau il donne néanmoins des résultats médiocres. La raison est celle-ci : l'intervalle de temps qui passe entre les fonctionnements des disjoncteurs successifs doit être égal au temps nécessaire au disjoncteur pour couper l'arc, multiplié par un certain coefficient de sécurité, et s'il y a plusieurs sections de feeder en série, et si le défaut est près du bout générateur, le court-circuit peut ne pas être éliminé avant plusieurs secondes, ce qui signifie le décrochage de toutes les machines synchrones alimentées par le réseau.

Il est donc impossible d'isoler les lignes défectueuses au moyen des relais généralement employés, et dans la plupart des exploitations, les défauts de feeders arrêtent le service sur une superficie bien plus vaste qu'il n'est nécessaire.

La question se ramène donc au mode d'établissement du réseau; la meilleure assurance contre les arrêts consiste à employer des feeders doubles passant par des routes différentes, et à installer et entretenir toutes les parties de la distribution en vue de la résistance aux causes d'avaries.

Relais sélectif équilibré. — Les sept feeders de liaison entre les usines City Dock et Marion ont donné lieu à beaucoup de troubles par suite du manque d'action sélective des relais; aussi a-t-on installé un nouveau modèle de relais, dit « sélectif équilibré » à chaque extrémité de ces feeders. Ces relais ont toujours bien rempli leur office à chaque avarie sur ces lignes de liaison, mais pour qu'ils puissent agir, il faut qu'il y ait au moins trois câbles en parallèle.

L'auteur est d'avis qu'un relais sur fils pilotes serait le meilleur à adopter pour un tel réseau, s'il n'y avait à considérer les dérangements et les dépenses causés par l'installation des fils pilotes.

Enregistreur multiple. — C'est un appareil qui enregistre, à une fraction de seconde près, l'instant de l'action des interrupteurs à huile, disjoncteurs, appareils indicateurs de surtensions et parafoudres électrolytiques. Cet enregistrement est précieux pour l'étude des perturbations et des manœuvres ordinaires. L'installation de cet appareil n'étant pas encore complète, on ne peut indiquer les résultats qu'il donne.

Enregistreur de résistance d'isolement. — C'est un appareil donnant la courbe journalière de la résistance d'isolement du réseau. L'emploi de cet appareil n'a pas donné les résultats attendus, parce qu'il y a en service beaucoup d'isolateurs anciens ayant des propriétés isolantes différentes. Quand tous les isolateurs seront d'un même type, on pourra marquer sur la feuille de l'appareil un point dit « dangereux », et quand la courbe atteindra ce point, on reconnaîtra la ligne défectueuse en débranchant une par une les lignes de transmission, et ensuite, par un essai à haut potentiel ou autrement, on localisera les isolateurs défectueux. L'emploi de cet appareil sur des lignes où tous les isolateurs sont identiques a donné de très bons résultats. Il a montré aussi la nécessité d'améliorer les propriétés isolantes de la porcelaine.

Lavage d'air. — La puissance d'une génératrice dépend de sa température. Pour la maintenir aussi basse que possible, il faut fournir à la machine un volume suffisant d'air épuré, frais et humide. L'humidité est nécessaire à cause de la faiblesse de la chaleur spécifique de l'air; le dépoussiérage est obligatoire aussi, pour éviter l'obstruction des canaux de ventilation. La Compagnie emploie des laveurs d'air pour les plus grands de ses alternateurs.

Ampoules a résistance et couples thermo-électriques. — La Compagnie installe depuis plusieurs années des ampoules à résistance dans les enroulements des plus grands de ses turbo-alternateurs et groupes convertisseurs synchrones, afin de connaître à tout moment la température de ces machines. On n'a pas obtenu jusqu'ici les résultats attendus. Les ampoules étant trop fragiles, on a commencé à les remplacer pour des couples thermo-électriques. On a constaté qu'un appareil indicateur de température est très utile pour déterminer le moment où une machine a besoin d'un nettoyage complet.

Signal d'alarme a coulreur. — Cet appareil sert à enregistrer des tensions prédéterminées sur la ligne de transmission elle-même, sur des bobines de réactance ou dans les parafoudres électrolytiques. Pour avoir un enregistrement permanent, on peut munir cet appareil d'un relais qui agit sur un enregistreur multiple. Avant l'installation de ce système, chaque parafoudre était muni d'un enregistreur à bande de papier en déplacement continuel. Le remplacement de ces bandes était coûteux et incommode.

Appareils indicateurs de potentiel. — On emploie des appareils électrostatiques indicateurs de potentiel pour connaître la tension sur les feeders. L'instrument est relié au point milieu de deux isolateurs de traction en série, montés entre chaque fil de phase et le sol. Le courant de capacité qui passe à travers les isolateurs suffit à actionner l'instrument. Une autre méthode consiste à employer des transformateurs de potentiel dont les secondaires sont reliés à des lampes indicatrices ou à des voltmètres. Mais ce procédé est assez coûteux et on n'a pas toujours la place nécessaire pour installer des transformateurs de potentiel. Le nouvel appareil paraît donc répondre à un besoin déjà ancien. P. L.

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

L'électricité et l'alimentation nationale

L'électricité est susceptible de multiples emplois en Agriculture. Je les ai étudiés notamment dans deux rapports aux Congrès de Marseille et de Turin, ainsi que dans une communication à la Société des Électriciens en 1912, et dans un rapport au Syndicat professionnel des Usines d'électricité reproduit dans la « La Revue électrique » [1]. Je ne les décrirai donc pas ici.

Parmi les applications agricoles de l'électricité, la plus importante, le labourage, est celle qui a reçu le moins de développement en France.

Cependant, c'est la plus nécessaire, maintenant et dans l'avenir.

C'est qu'en effet, déjà avant la guerre, notre production de céréales, non seulement n'augmentait plus, mais encore avait tendance à décliner, de sorte que, dès ce moment, nous étions obligés d'acheter des grains à l'étranger en quantités croissantes.

Naturellement, depuis la guerre, cette situation a été en empirant, d'abord à cause des appels des classes successives, puis aussi parce que les effets des négligences forcées dans la culture s'additionnent d'une année à l'autre.

Les superficies ensemencées décroissent de plus en plus, tandis que la production par hectare va, elle aussi, en déclinant [2].

Pour ces deux raisons, nous avons dû, dans la période qui s'étend du début de la guerre au mois de mai 1916, importer pour 2 milliards et demi de grains.

Dans l'année en cours, tenant compte de l'augmentation considérable des prix des grains dans les pays exportateurs par suite de récoltes généralement inférieures à la moyenne, ainsi que de la hausse du prix des frets, il faut envisager que la valeur de nos importations de grains sera de l'ordre de grandeur de deux milliards.

Étant donnée l'importance, malheureusement considérable, des pertes subies par nos troupes, pertes qui retombent surtout sur les agriculteurs, il nous faut prévoir que ce déficit ne diminuera pas l'an prochain, et sera encore considérable pendant longtemps.

Même, si nous conservions les errements culturaux actuels, bon nombre de terres resteraient en friche après la fin des hostilités, et nous aurions alors à craindre de voir ce déficit aller encore en augmentant.

Il nous faut donc absolument, maintenant et dans l'avenir, recourir, tant que nous le pouvons, aux appareils mécaniques pour les travaux de culture, pour le labourage principalement.

Comment donc pouvons-nous faire du labourage mécanique?

C'est une question de moteurs et d'appareils de culture.

Les moteurs qu'on peut employer sont à vapeur, électriques, ou à explosion (généralement à pétrole et surtout à essence).

Les outils de culture sont les charrues à socs simples ou multiples, ou encore les outils rotatifs.

La manière de travailler, le travail produit et la méthode culturale à employer avec les outils rotatifs sont absolument différents de ce qui correspond à la charrue qui, peut-être, dans l'avenir, sera complètement remplacée par l'outil rotatif.

Mais, dans l'état actuel, trop d'éléments restent encore inconnus, en ce qui concerne cet outil rotatif, pour qu'on puisse envisager la généralisation de son emploi.

Pendant longtemps encore sans doute, il restera à l'état expérimental.

Dans les circonstances que je viens de signaler, il ne saurait être question d'attendre que l'outil rotatif soit au point.

Il faut labourer sans retard en utilisant les outils qui ne présentent pas d'aléa, les charrues, quitte à les remplacer plus tard éventuellement par l'outil rotatif.

Dans tout ce qui va suivre, il sera donc seulement question de la charrue, outil agissant par traction, c'est-à-dire déplacé dans les champs par un effort de traction rectiligne, et travaillant le sol par bandes parallèles.

Ceci posé, la traction peut s'exercer de deux manières : ou bien l'appareil de traction est fixe pendant qu'il tire la charrue par un câble, ou bien cet appareil se déplace en remorquant la charrue derrière lui.

Dans le premier cas, c'est le labourage par treuil, qui comporte lui-même deux variantes, la charrue étant dans tous les cas animée d'un mouvement de va-et-vient.

Dans un but d'économie, on n'emploie parfois qu'un seul treuil, la charrue étant rappelée dans sa course de retour par un câble passant sur une poulie de renvoi placée en face du treuil.

Cette solution, économique de premier établissement, présente de multiples inconvénients et, en fait, est extrêmement peu employée maintenant.

[1] On trouvera aussi des renseignements sur le même sujet dans les ouvrages de M. Ringelmann, directeur de la Station d'essais de machines du ministère de l'Agriculture, et dans le rapport présenté par M. Cahen, au deuxième Congrès de la Houille blanche, 1914.

[2] Voir la note (2) de la page 109.

Digitized by Google

La solution générale du labourage par câble est celle à double treuil. Ici la charrue est tirée alternativement par deux treuils qui se font vis-à-vis, chacun sur une lisière ou fourrière du champ à labourer, chacun restant immobile pendant qu'il tire, et se déplaçant dans ses périodes de repos de la largeur correspondant à un double passage de la charrue.

Les appareils agissant par traction directe, qui se déplacent pendant leur travail en remorquant la charrue derrière eux, comportent à leur tour deux catégories : ce peuvent être des appareils automoteurs dans lesquelles les pièces travaillant le sol sont montées sur le tracteur lui-même, ou bien, au contraire, ce sont simplement des tracteurs auxquels on attache des charrues distinctes et qu'ils remorquent comme le feraient des attelages.

Ces appareils automoteurs ou tracteurs se déplacent sur le terrain même à labourer à l'encontre des treuils qui, eux, restent en dehors (ou sur le bord).

Enfin, il est une troisième classe d'appareils qu'on peut appeler mixtes et qui comprend les tracteurs-treuils et les haleurs.

Le tracteur-treuil est un tracteur qui comporte un tambour à câble : tant que la résistance du sol à l'avancement de la charrue est inférieure à une certaine limite, il agit comme tracteur simple remorquant la charrue pendant qu'il avance lui-même. Si la limite est dépassée, il avance seul en déroulant le câble auquel la charrue est attachée, puis s'arrête quand il est au bout, se cale automatiquement sur des patins d'ancrage, halè la charrue derrière lui, et recommence à avancer par bonds successifs, quand la charrue est arrivée près de lui.

Le haleur ou tracteur-toueur agit différemment. Il se hale sur un câble déroulé au préalable sur le sol et passant sur des poulies motrices portées par le haleur, absolument comme les anciens toueurs sur chaine noyée de la Seine, la charrue étant attelée au toueur.

Ces appareils, surtout le dernier, paraissent susceptibles de rendre de grands services dans nombre de circonstances.

Il n'en sera cependant pas question davantage ici, car, étant susceptibles de fonctionner comme tracteurs, tout ce qui sera dit relativement aux tracteurs pourra leur être appliqué.

Pratiquement, les appareils à vapeur ou électriques ne peuvent guère être que des treuils, exception faite pour quelques routières généralement d'origine américaine, utilisées comme tracteurs dans certains cas spéciaux.

Les moteurs à pétrole au contraire peuvent être utilisés aussi bien pour des treuils que pour des appareils automobiles, tracteurs ou charrues automotrices.

En France, pour de multiples raisons trop longues à exposer ici, le labourage mécanique était resté, jusqu'à la guerre, à l'état d'exception.

Ce n'est pas que certains appareils ne fussent alors susceptibles d'être utilisés.

Les treuils à vapeur, particulièrement les appareils Fowler, sont pratiques depuis 40 ou 50 ans; dans certains pays ils ont déjà reçu de nombreuses applications. En Allemagne notamment, leur nombre s'accroissait rapidement, et, à l'heure actuelle, il est vraisemblable qu'il y a dans ce pays aux environs de 1 600 à 1 800 matériels de labourage à vapeur, peut-être davantage, presque uniquement à double treuil, susceptibles de labourer des étendues variables suivant leur puissance et les conditions particulières de leur emploi, mais pouvant peut-être atteindre 800 ou 1 000 hectares par an et par appareil (on appelle matériel de labourage à double treuil l'ensemble des deux treuils et de la charrue avec leurs accessoires).

En France, j'ignore le nombre exact des appareils à vapeur. Vraisemblablement, il ne doit pas dépasser quelques dizaines, tout au plus, presque uniquement dans l'est de la France ou le Soissonnais. Ce non-emploi du matériel à vapeur chez nous est dû certes à des conditions différentes du sol (nature et configuration[1]), mais surtout, à mon sens, à des conditions économiques susceptibles d'être modifiées.

Par exemple, rien au point de vue technique ne s'oppose au labourage à vapeur en Beauce [1].

Les treuils électriques sont aussi connus depuis longtemps. C'est en 1879 que MM. Chrétien et Félix en firent la première application à la sucrerie de Sermaize.

Depuis, de nombreux inventeurs se sont occupés du labourage électrique, aussi bien chez nous qu'en Allemagne où les plus grandes firmes d'électricité, l'Allgemeine Electricitaets Gesellschaft (A. E. G.), Siemens et Halske, Helios, Bergmann, ont construit du matériel de labourage électrique, encouragées par l'empereur lui-même qui, dans le domaine de Dahlem notamment, a fait réaliser depuis longtemps des applications électriques importantes par l'A. E. G. dès avant 1900.

Des essais comparatifs très sérieux avec le concours de constructeurs furent organisés il y a plus de quinze ans par la Société d'agriculture allemande dans trois exploitations agricoles différentes.

Toutefois, malgré tous ces efforts et ces encouragements, le labourage électrique ne semble avoir pris aucun développement notable en Allemagne. Dès 1909, l'enthousiasme du début paraissait complètement tombé; la firme Zimmermann avait alors abandonné la question depuis longtemps, et les quelques firmes qui s'en occupaient encore avant la guerre, notamment l'A. E. G., semblaient le faire plutôt par principe que par conviction.

Le non-développement du labourage électrique en

(1) Certaines formes du contrat de location des terres, telles que le colonage partiaire ou métayage sont parfois un obstacle sérieux à la culture mécanique. Le métayage pur et simple, classique pourrait-on dire, est un obstacle capital au perfectionnement de la culture. (Heureusement, des propriétaires intelligents l'ont amélioré dans nombre de régions et sont parvenus à en faire au contraire un instrument de progrès.)

Le morcellement de la propriété est un inconvénient grave au développement de la culture mécanique, obstacle tel que beaucoup d'esprits envisagent comme une nécessité le remembrement obligatoire des parcelles. Je crois qu'ils sont dans le vrai; j'étudierai d'ailleurs cette question plus en détail dans un prochain article.

Digitized by Google

Allemagne paraît dû, autant que j'en puis juger, à des erreurs de principe de la part des constructeurs allemands, et il ne faudrait nullement en conclure que le labourage électrique n'est pas susceptible de se répandre.

Pour beaucoup de raisons, j'ai la conviction que le labourage électrique, réalisé dans des conditions convenables, est susceptible d'une grande extension, pourvu que le problème soit bien posé et traité méthodiquement. J'ai déjà étudié un certain nombre d'appareils de labourage électrique.

En France, jusqu'à présent, le labourage électrique n'a pris aucune extension sérieuse; il a été employé surtout pour le défoncement, et on pourrait tout au plus citer quelques installations éparses dans le Midi ou encore en Algérie. Certaines de ces installations sont, paraît-il, en fonctionnement régulier.

En somme, les appareils de labourage électrique ne paraissent pas encore très au point.

Les conditions de leur emploi ne permettent pas de les brancher indistinctement sur tous les réseaux existants. Enfin, il est pratiquement impossible de construire maintenant des séries de ces appareils.

Dans les circonstances actuelles, les agriculteurs ne peuvent donc songer à faire d'une manière générale du labourage électrique.

Pour des raisons analogues (et pour d'autres) ils ne peuvent guère mieux songer à faire du labourage à vapeur.

La seule ressource qui reste à leur disposition, c'est de recourir aux appareils à pétrole indépendants de tout réseau. Ces appareils sont pratiquement des *tracteurs* d'importation américaine, les constructeurs français — toute considération sur la valeur de leurs appareils étant mise de côté — ne pouvant actuellement livrer d'appareils autrement qu'exceptionnellement, unité par unité. C'est-à-dire qu'on ne peut compter sur eux d'une manière générale.

Il résulte de cette situation que, actuellement, la culture mécanique se fait sur tracteurs à pétrole américains, dont plusieurs centaines sont déjà importés chez nous à l'heure actuelle; et le mouvement ne fait que s'accentuer.

Certes au point de vue de la balance des échanges, et du développement de l'industrie française des machines agricoles, c'est là un fait très regrettable, parce que chaque tracteur qui entre chez nous, c'est une somme de 10 000 à 12 000 fr. ou davantage, qui est exportée tant pour l'appareil lui-même que pour le fret, et c'est aussi un appareil que nos constructeurs n'auront pas à fabriquer dans l'avenir.

Si regrettable que cela soit, c'est encore le moindre mal, car le nombre de tracteurs importés est encore bien insuffisant comparé au nombre qu'il en faudrait pour que toutes les terres en friches puissent être cultivées.

Or, un tracteur des types actuels peut labourer, en moyenne, au bas mot, 100 hectares par an et davantage (en labour d'hiver) ce qui aux cours actuels et avec le taux de productions actuel, représente au bas mot 50 000 à 60 000 fr par an qui restent chez nous et qu'il nous faudrait autrement exporter pour acheter des grains.

Donc d'un côté, une exportation de 10 000 à 12 000, même 15 000 fr une fois faite; de l'autre 50 000 à 60 000 fr restant en France (1).

Il n'y a par conséquent pas le moindre doute à avoir. Il faut *actuellement* importer des tracteurs plutôt que de laisser les terres en friche (2).

(1) Bien qu'il y ait lieu également de tenir compte des pièces de rechange et aussi du pétrole, la dépense pour un hectare labouré étant de l'ordre de grandeur de 30 à 50 litres d'essence.

A ce point de vue, l'emploi des moteurs électriques utilisant du courant produit par la houille blanche, est hautement à recommander.

(2) LA PRODUCTION MONDIALE DE BLÉ. — Déjà avant la guerre nous ne produisions pas assez de blé pour notre consommation et étions obligés d'en importer.

Pourtant, en 1913 notre production a été de 85 millions de quintaux métriques; en 1914 elle s'est abaissée à 76; en 1915 à 60, et en 1916 à 58 millions, soit un déficit sur 1913 de 27 millions de quintaux.

Pour 1917, disait dernièrement au Sénat M. Clémentel, ministre de l'Agriculture, on prévoit dès maintenant que 20 pour 100 des cultures ne sont pas préparées pour les emblavures, même de printemps.

Bref, en chiffres ronds, la quantité de blé à importer par an atteint maintenant environ 30 millions de quintaux.

Si les prix étaient restés à l'étranger ce qu'ils étaient avant la guerre, ce serait une dépense de 600 à 700 millions par an à faire.

Mais la situation est bien plus grave: le Bulletin d'octobre de l'Institut International d'Agriculture de Rome indique que, d'une manière générale, les récoltes des pays exportateurs de blés sont nettement déficitaires.

Sans entrer dans le détail, il suffit de mentionner que la production des Etats-Unis n'a été que de 165 353 000 quintaux en 1916 au lieu de 275 291 000 en 1915 et de 186 889 000 en année moyenne, soit respectivement 60,1 et 88,5 pour 100 de ces deux dernières quantités.

Pour le Canada, qui produit normalement en moyenne plus d'une centaine de millions de quintaux, la récolte n'a atteint que 43 307 000 quintaux, soit 42 pour 100 de la récolte moyenne.

Si l'on totalise les productions des pays dont on connaît la récolte et qui sont l'Espagne, l'Angleterre et le Pays de Galles, l'Irlande, l'Italie, la Norvège, les Pays-Bas, la Roumanie, la Russie d'Europe (38 gouvernements sur 63), la Suisse, le Canada, les Etats-Unis, l'Inde, le Japon, l'Egypte, la Tunisie, on arrive au chiffre de 665 687 000 quintaux, contre 835 820 000 en 1915 et 653 299 000 moyenne quinquennale. La récolte totale est donc bien déficitaire. Elle atteint moins des trois quarts de la récolte de 1915 et présente une diminution de plus de 7 pour 100 sur la récolte moyenne de 1909 à 1913. (Voir aussi le discours de M. Cosnier à la Chambre, à l'« Officiel » du 18 novembre 1916.)

Dans ces conditions, étant données d'autre part les difficultés du transport, il ne faut pas s'étonner que le cours du blé des Etats-Unis, dans les ports français, ait passé de 20 et quelques francs à près de 60 francs par quintal, ce qui pour les 30 millions de quintaux qu'il nous faut importer, représente de 1 700 à 1 800 millions à payer à l'étranger *par an*.

Si à cela on ajoute les autres céréales qu'il nous faudra également importer, on voit que nous devrons acheter à l'étranger par an, cette année-ci et les années prochaines, pour environ 2 milliards de grains.

Cette situation est extrêmement inquiétante, et il appa-

Digitized by Google

Est-ce à dire que nous devions à jamais renoncer à construire chez nous des appareils de culture mécanique, et nous borner à acheter des tracteurs américains ?

Pas le moins du monde, et pour bien des raisons, dont les principales sont d'abord que les tracteurs américains actuels, encore tout nouveaux, sont loin d'être très au point; on les modifie sans cesse.

Puis, le tracteur n'est pas un outil universel, et ne peut faire partout tous les travaux agricoles. Pour certains de ces travaux rien de pratique n'existe encore actuellement, comme outils mécaniques, à part les treuils qui ne peuvent s'employer partout.

Sans entrer dans le détail des opérations de culture du sol, il me faut effleurer une question de technique agricole.

On distingue deux natures de labours très distinctes : le premier, qui est effectué le plus généralement (qui est même parfois le seul) dans la plus grande partie de la France, est un travail qui ne dépasse pas 15 à 18 cm de profondeur et reste bien souvent au-dessous.

Dans d'autres contrées, et notamment là où l'on cultive la betterave à sucre, le labour doit descendre à 25 ou 30 cm de profondeur, même davantage par exemple, labour à 30 cm avec sous-solage par griffes fouilleuses agissant derrière les socs sans retourner le sol à une profondeur de 15 cm, soit au total 45 cm de profondeur (1).

Or, le déplacement des socs des charrues dans le sol nécessite un certain effort de traction, quelle que soit la vitesse (dans les limites très resserrées entre lesquelles la pratique a démontré que cette vitesse devait être comprise).

rait comme très difficile de la modifier notablement.

C'est la cause de l'agitation actuelle en faveur de la motoculture.

Cette agitation se traduit par la création de comités, commissions, groupements, projets et propositions de loi soumis dernièrement à la Chambre et au Sénat.

Des crédits viennent même d'être votés pour l'achat de tracteurs destinés à former des batteries pour le labourage des terres abandonnées.

M. Cosnier, auteur d'une de ces propositions de lois a fait à ce sujet un rapport fort intéressant publié dans « l'Officiel » du 23 décembre dernier.

Il prévoit la constitution de 120 batteries de 10 tracteurs chacune.

Le capital prévu est de 30 millions dont 13 millions pour l'achat de 1200 tracteurs à New-York, et 3 millions de pièces de rechange, plus 3 millions pour 120 autos et 120 camions, 5 millions de fret et dépenses diverses, 6 millions de fonds de roulement; comme réparations (pièces de rechange) on prévoit 5 fr par appareil et par jour, 5 fr de déplacements, 5 fr d'imprévus et 15 fr d'amortissement.

Certains des chiffres et des assertions de ce rapport paraissent un peu risqués.

Il n'est pas absolument certain que chaque tracteur labourera 300 hectares par an, soit 3000 hectares par batterie de 10 appareils, et pourra moissonner 500 hectares avec une moissonneuse de 2,10 m ou de 2,50 m de largeur de coupe, ou encore avec deux moissonneuses de 1,80 m de coupe.

Les chiffres prévus pour l'entretien, les réparations, l'amortissement ne paraissent pas non plus devoir être acceptés sans réserves, étant donné surtout que l'expérience américaine semble devoir assigner une durée très restreinte à ces appareils.

De même il me paraît difficile d'admettre que l'Etat rentrera dans ses fonds tant en faisant payer 50 à 60 fr par hectare labouré qu'en revendant ces appareils aux agriculteurs.

Mais ce sont là, somme toute, des critiques de détail. La chose essentielle, on ne saurait trop le répéter en présence de l'augmentation croissante du prix des grains à l'étranger, est de cultiver le plus possible chez nous. Pour cela, l'emploi des tracteurs est un moyen efficace, et il faut féliciter très sincèrement ceux qui ont l'idée de sortir des chemins frayés, et de mettre des tracteurs à la disposition des agriculteurs, même si leurs prévisions optimistes ne se réalisent pas, même si l'Etat doit perdre quelque peu à l'opération.

Maintenant, est-ce dire que les tracteurs constituent la seule solution du problème de culture mécanique.

Je crois qu'il ne faut pas se lasser de répéter que les tracteurs ne constituent pas une solution générale, et a fortiori, une solution unique du problème de la culture mécanique.

Prenons-en maintenant le plus que nous pouvons, c'est entendu.

Mais, parce que nous avons actuellement des tracteurs, faute de pouvoir prendre autre chose, n'oublions pas pour l'avenir de nous souvenir des autres facteurs si nombreux qui influent sur l'exécution des labours.

Par exemple, si étonnant que cela puisse paraître de prime abord, les attelages sont souvent mal utilisés parce qu'on emploie des charrues défectueuses ou ne convenant pas aux conditions particulières.

Mais surtout, en préconisant les tracteurs, on oublie que les treuils ou à vapeur, ou à pétrole, ou électriques sont susceptibles de rendre de grands services. De plus, les treuils électriques branchés sur des réseaux alimentés par des usines hydro-électriques présenteraient l'avantage d'économiser le pétrole ou la houille dont le prix est maintenant si élevé.

On ne saurait donc trop insister sur la nécessité d'étudier ces questions *dès maintenant* pour être prêt à la fin des hostilités.

(1) Je laisse de côté ici une question importante : celle de l'approfondissement du labour. Dès que, descendant au-dessous de la profondeur labourée antérieurement, on attaque le sol vierge du dessous (lorsqu'il est de nature convenable, bien entendu), on est exposé à rencontrer des résistances (par décimètre carré de section de labour) bien supérieures à celles que donnent les terres déjà travaillées antérieurement.

Cette raison, jointe à ce fait que le labour approfondi nécessite une augmentation de la dose de fumier, et que, d'autre part, il faut s'abstenir de mêler à la terre superficielle, d'un seul coup, une trop grande quantité de terre du sous-sol n'ayant jamais été remuée, explique pourquoi l'approfondissement du labour ne peut être que progressif, si l'on ne veut obtenir de mauvais résultats culturaux.

Mais on a reconnu depuis longtemps que le labour profond, toutes choses égales d'ailleurs, donnait une augmentation de récolte.

Ainsi, en 1878, M. de Vilmorin faisait à Mettray des essais comparatifs avec les betteraves à sucre (« Bulletin de la Société des Agricultures de France », 1878).

Il obtenait les résultats suivants :

Avec un labour à 0,25 m, 31 900 kg de racines par hectare, et 3 980 kg de sucre.

Avec un labour de 0,40 m, ces quantité montaient respectivement à 43 200 kg et à 5 080 kg, pour atteindre finalement, avec le labour à 0,50 m, 50 600 kg et 5 600 kg.

Ces résultats étaient obtenus avec de très faibles fumiers.

Digitized by Google

Cet effort est généralement exprimé en kilogrammes, par décimètre carré de section du labour (1).

Plus la profondeur du labour est grande, et plus, pour une même largeur de travail, l'effort de traction est considérable.

Afin de ne pas dépasser une limite déterminée pour cet effort, on peut songer à réduire la largeur du travail.

En fait, il n'est pas possible de pousser cette réduction au delà d'une certaine limite (pour des considérations pratiques que je ne développerai pas ici), de telle manière qu'on peut dire, d'une façon générale, que l'effort de traction nécessaire croît avec la profondeur du labour.

Or, avec un tracteur, l'effort de traction (indépendamment de la puissance du moteur) dépend du poids sur les roues motrices, puisque c'est uniquement l'adhérence au sol qui détermine l'avancement de l'appareil.

Cette adhérence est fonction de nombreux facteurs, nature et état de la surface du sol, de la forme des pièces d'adhérence montées sur la jante des roues motrices, mais toujours et surtout du poids nécessaire.

On comprend sans peine que, pour exercer, par exemple, des efforts de traction moyens de 2 000 kg et plus, comme en demandent les charrues employées pour le labourage à vapeur, il faut, étant donné qu'on laboure en automne, alors que le sol est humide ou glissant, des appareils très pesants, dont le poids atteint 10 et 12 tonnes (les treuils Fowler pèsent de 13 à 20 tonnes).

On comprend aussi toujours sans beaucoup de peine que, même en munissant ces appareils de roues larges et de grand diamètre, on est exposé à les voir s'embourber dans les champs détrempés sans pouvoir les en tirer.

Il en résulte que, en pratique, si l'emploi du tracteur est admissible, en général — en France tout au moins — dans des labours d'automne en sillons de 15 à 18 cm, il ne faut pas y songer normalement dans des labours à betteraves, à 30 ou 35 cm, et qu'il faut nécessairement, dans ce cas, d'une manière générale, recourir aux appareils à câble.

Donc, l'emploi du tracteur est limité aux labours légers ou moyens, tandis que le treuil peut faire les labours à toute profondeur courante aussi bien légers que profonds.

En principe, l'emploi du treuil est donc plus général que celui du tracteur.

Comme le treuil est pratiquement le seul appareil de culture mécanique que l'on puisse employer avec le moteur électrique, c'est donc du côté du treuil que doivent se tourner les efforts des électriciens (1).

Etant donné que cette question intéresse aussi les agriculteurs, et qu'elle est d'intérêt général au premier chef, faut-il que les électriciens attendent d'être consultés par les agriculteurs, par les hommes politiques, par les pouvoirs publics, souverains de la question, ou doivent-ils, sans retard, commencer à marcher eux-mêmes en entraînant les autres?

A mon humble avis, la réponse n'est pas douteuse. Les électriciens doivent agir par eux-mêmes, car s'ils attendent les autres, ils courent grand risque d'attendre longtemps.

Certes, beaucoup de gens, d'agriculteurs, d'hommes politiques, etc., se préoccupent de la gravité de la situation.

Ainsi, le ministre de l'Agriculture a constitué dernièrement une grande commission, d'une quarantaine de membres, hommes éminents, députés, sénateurs, anciens ministres, etc.

Quant aux agriculteurs, ils sont imbus des meilleures intentions : mais ils ne voient que le moment présent. Il leur faut des appareils de culture mécanique : par suite, ils achètent ceux qui sont disponibles, mais la plupart d'entre eux ne s'imaginent pas qu'il faille du temps, du travail, de l'argent pour réaliser des appareils nouveaux, et, autant que je puis en juger, il n'y a rien à attendre d'eux pour l'étude de nouveaux appareils.

Toutefois, je crois que certains seraient disposés à faciliter les essais d'appareils nouveaux — à condition qu'il ne leur en coûte rien.

J'espère d'ailleurs que la Société des agriculteurs de France se rangera à l'idée de fixer des méthodes et des règles uniformes d'essai et de réception des appareils agricoles, ce qui serait déjà beaucoup.

Pour les constructeurs de machines agricoles, j'ai l'impression que, dans l'ensemble, les électriciens auraient tort de compter sur un concours efficace de leur part. Même le Président de leur Chambre syndicale s'élevait dernièrement à la section du Génie rural des agriculteurs de France contre ma proposition d'établissement de règles de réception et d'essais de machines agricoles (détermination des rendements, etc.), alors qu'un constructeur présent à la même séance protestait contre cette opinion de son président, en indiquant qu'elle donnait des garanties effectives.

(1) J'ai indiqué au Congrès de Marseille, comme grossière approximation, que l'effort de traction par soc, en kilogrammes pouvait être évalué à $2\,3\,p^2$, p étant la profondeur du labour en centimètres.

Pour du labour profond, si l'on ne met qu'un soc, on ne laboure pas assez d'étendue et si on ajoute un soc, on augmente tout de suite l'effort de traction de 100 pour 100. On est donc exposé à mal utiliser les appareils ou à les surcharger.

L'effort de traction par décimètre carré de section de labour, variable avec la nature du sol, peut être considéré comme atteignant environ 50 kg. Pour des défrichements de luzerne, il peut monter bien au delà (70 à 80 kg).

(1) Au point de vue mécanique, le treuil, opérant seul, pendant qu'il déplace la charrue, a un rendement meilleur que le tracteur, lequel consomme pour se déplacer dans les champs, à peu près la moitié de la puissance de son moteur : ce qui n'a rien d'étonnant, si l'on réfléchit au nouveau coefficient de rendement.

On a proposé de temps en temps des appareils électriques automoteurs très ingénieux, reliés à la source de courant par un câble souple se déroulant ou s'enroulant sur un tambour au fur et à mesure que l'appareil s'éloigne ou se rapproche de cette prise. A dire vrai, j'ai les doutes les plus sérieux (ou plutôt je n'en ai pas) en ce qui concerne le succès de cette disposition si ingénieuse.

Digitized by Google

De tout ceci, il résulte que, si nous pouvons aboutir, ce sera seulement par les efforts de nos grands constructeurs, les électriciens, pour les appareils électriques, les constructeurs d'automobiles pour les appareils à moteur à pétrole.

Il s'agit en somme de créer des modèles nouveaux, de les essayer, les mettre au point, de faire en un mot de l'expérimentation et de l'invention méthodiques.

C'est là un travail qui demande du temps et surtout de l'argent, avant de pouvoir commencer à monter la fabrication industrielle et construire en série.

Le jeu en vaut-il la peine ?

A n'en pas douter : rien que pour la France, on peut estimer qu'il y a peut-être 1 million et demi ou 2 millions de terres arables en friche à l'heure actuelle. En comptant 150 à 200 hectares par appareil de culture mécanique, il y a là déjà le placement d'une quinzaine de mille appareils.

Vraisemblablement il en faudra bien davantage parce que, après la guerre, il se produira sur les populations rurales, pour remplir les vides des ateliers et des usines, un appel tel qu'il faudra compter cultiver mécaniquement plusieurs millions d'hectares.

Voilà déjà un débouché important, tant pour les constructeurs que pour les secteurs, à raison de 150 à 200 kw-h de consommation par an et par hectare cultivé électriquement.

Mais ce n'est pas tout : la France est le plus petit débouché qui s'offre. En dehors, il y a le monde entier, qui réclamait déjà avant la guerre des appareils de culture mécanique, et en réclamera bien davantage après, alors que la production générale en céréales est déficitaire.

Soit qu'on construise en France, soit qu'on construise à l'étranger, il y a donc là un débouché au moins aussi important que celui qui s'est ouvert depuis ces trente dernières années pour le matériel électrique. Il y a là l'occasion pour nous de créer des entreprises aussi grandes que les entreprises électrotechniques allemandes, telles par exemple que l'A. E. G., avec des ramifications aussi vastes, un champ d'action aussi étendu sur le monde entier.

Certes, cela en vaut la peine.

Mais pour aboutir, il faut se mettre à l'œuvre dès maintenant, alors que les États-Unis tâtonnent, que l'Allemagne est bloquée, car si longtemps que durent les hostilités, c'est à peine si, commençant à travailler dès maintenant, nous arriverons à créer avant la fin de la guerre des types assez au point pour être fabriqués en grandes séries, de manière à utiliser sans perte de temps tout le matériel, tout l'outillage, tout le personnel travaillant actuellement pour la guerre, ainsi que nos soldats démobilisés, de manière à obtenir avec le minimum d'à-coups le retour de la nation à une vie productive et prospère.

Songeons à ce que diraient, à ce que penseraient, à ce que feraient nos soldats, si rentrant victorieux après tant de fatigues, tant d'efforts, tant de pertes de tout genre, ils étaient condamnés à l'inaction et voyaient nos dernières ressources partir à l'étranger, aux États-Unis, en Allemagne même, pour acheter ces appareils de culture mécanique indispensables, tout cela, parce que nous, gens de l'arrière, nous n'aurions pas voulu faire à temps les sacrifices de temps et d'efforts nécessaires.

Dans un prochain article, j'étudierai les conditions générales agricoles de notre pays au point de vue de la culture mécanique.

PAUL LECLER.

Assemblées générales

Société d'applications industrielles.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 29 DÉCEMBRE 1916.

Les difficultés d'évaluation du portefeuille de la Société d'applications industrielles, en raison du manque de cotation de certains titres et de l'impossibilité d'estimer la valeur des participations dans les entreprises se trouvant en pays envahi, ont obligé la Société à laisser en attente la totalité des bénéfices de 1915 et 1916 ainsi qu'il avait été fait pour les bénéfices des exercices précédents. On sait en effet que les recettes de cette Société proviennent du revenu de son portefeuille, du produit des avances faites aux Sociétés dans lesquelles elle a des intérêts, des participations syndicales, etc...

Le solde provisoire du compte profits et pertes pour l'exercice 1915-1916 a été arrêté à 288 304, 45 fr contre 109 522, 02 fr pour l'exercice précédent.

La totalité des bénéfices laissés en attente, en y comprenant ceux des exercices précédents, s'élève dans ces conditions à 1 220 886, 23 fr.

L'Assemblée a nommé comme administrateurs, MM. Henri Cahen, Dreyfus-Brodsky, Léopold Dubois, Duplan, Fisch, Henri Gaus, Giros, Jarry, Robard et Tissot, et prit acte de la démission de MM. Aubert, Boveri, Hirsch, Loucheur, Sarasin, Sulzer et Zoelly Veillon.

BILAN AU 30 JUIN 1916.

Actif.	fr
Caisses, banques et bons de la Défense nationale	318 969, 55
Coupons à encaisser	73 810, 78
Débiteurs divers	2 614 138, 09
Effets à recevoir	166 310, 75
Portefeuille	12 304 626, 93
Participation syndicale et commandite	861 687, 15
Loyer d'avance et cautionnements	7 065 »
Droit de transmission à recouvrer (exercices 1913-14, 1914-15, 1915-16)	69 212, 95
Mobilier	1 »
Comptes d'ordre	405 340 »
Prime de remboursement et frais d'émission des obligations	Mémoire.
Rachat des parts bénéficiaires et déduire : Amortissements	Mémoire.
	16 821 162, 30

Digitized by Google

Passif.	fr
Capital	10 000 000 »
Réserve légale	76 447,28
Réserve spéciale (tramways de Vanves)	280 314,56
Réserve extraordinaire	240 000 »
Obligations 4 1/4 pour 100	3 000 000 »
Créanciers divers	703 870,05
Parts bénéficiaires à rembourser	2 021,04
Coupons actions	2 320,29
Coupons obligations	39 161,85
Titres à libérer (versements non appelés)	850 000 »
Comptes d'ordre	405 340 »
Profits et pertes reportés	22 327,38
Solde créditeur du compte de profits et pertes de l'exercice 1913-1914	800 732,38
Solde créditeur provisoire du compte de profits et pertes de l'exercice 1915-1916	288 304,45
	16 821 162,20

Compagnie pour la fabrication des compteurs et matériel d'usines à gaz.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 27 OCTOBRE 1916.

L'activité industrielle de la Compagnie, qui avait commencé à reprendre pendant l'exercice précédent, est allé, en s'accroissant, tant pour les besoins de sa clientèle habituelle que pour ses fabrications de guerre. Le bénéfice total de l'exercice 1915-1916 s'est élevé à 10 831 582 fr. Aussi le conseil a-t-il pensé qu'il convenait de préparer l'avenir en développant ses moyens de production, en agrandissant ses usines ainsi qu'en en montant de nouvelles. Une usine vient d'être mise en construction à Montrouge, et la Compagnie escompte que cet établissement sera prêt au moment où cesseront les hostilités, pour lui permettre d'exécuter les commandes urgentes qui lui paraissent devoir affluer aussitôt la conclusion de la paix. De plus, le conseil, malgré l'état satisfaisant de sa trésorerie, a jugé nécessaire de s'assurer de nouvelles ressources financières, afin de pouvoir développer ses affaires et prendre des participations dans des affaires en dehors de France, et particulièrement en Russie. Il s'est fait autoriser à cet effet à émettre des obligations jusqu'à concurrence de 10 millions de francs lorsque le moment lui paraîtrait venu.

Quelques postes du bilan que nous reproduisons ci-dessous demandent certaines explications.

A l'actif, le compte terrains, immeubles et constructions est en augmentation de 444 823 fr en raison des travaux faits sur les terrains de Meudon qui ont été rétrocédés avantageusement depuis à la Société des automobiles Gobron.

Le matériel industriel, qui avait été amorti de 910 878 fr l'année précédente, s'est augmenté, pendant cet exercice, de 798 480 fr et figure au bilan pour 1 871 856 fr.

Les compteurs par annuité sont en diminution de 553 471 fr, aucune nouvelle vente de ce genre n'ayant été effectuée pendant l'exercice, tandis que la Compagnie continuait à encaisser le montant des locations précédemment consenties.

Dans la répartition des bénéfices, en dehors des réserves statutaires, figure une provision de 1 200 000 fr pour l'impôt sur les bénéfices de guerre, la Compagnie ayant jugé qu'il était préférable de ne pas laisser au prochain exercice le total des charges qui pourront lui incomber de ce fait. Une réserve de 2 millions a été en outre constituée prévision des pertes que la Compagnie a dû subir dans ses usines situées dans les régions envahies.

BILAN AU 30 AVRIL 1916.

Actif.	fr
Fonds de commerce : Valeur industrielle des 13 établissements de France et de l'Etranger	1,00
Terrains, Immeubles et Constructions :	
Rue Claude-Vellefaux et Vicq-d'Azir	945 800,40
Rue Grange-aux-Belles, 24	175 299,25
Rue Grange-aux-Belles, 26, 28 et 30	488 649,90
Rue Grange-aux-Belles, 32	115 785,00
Rue Grange-aux-Belles, 34	110 000,00
Rue Vicq-d'Azir, 11	186 122,27
Rue Grange-aux-Belles (Construction, nouveaux ateliers)	658 742,23
Impasse du Maine, 9	367 869,55
Impasse du Maine, 9 *bis*	252 762,03
Impasse du Maine, 11	494 330,55
Impasse du Maine, 11 *bis*	153 000,00
Agrandissements ateliers, Impasse du Maine	134 658,43
Boulevard de Vaugirard, 16 et 18	1 028 568,42
Terrain, construction Meudon	1 119 944,00
Total pour Paris	6 231 532,02
Succursales, Province et Etranger	6 611 508,56
Matériel industriel :	
Maison de Paris et Succursales de Paris, Province et Etranger	1 871 856,91
Mobilier industriel	1,00
Marchandises en magasin :	
Maison de Paris et Succursales de Paris, Province et Etranger	15 519 101,88
Bons de la Défense nationale, Caisse, Effets à recevoir, Banquiers	6 896 041,00
Débiteurs divers ;	
Maison de Paris et Succursales de Paris, Province et Etranger	23 481 365,36
Old Silkstone Collieries	3 275 981,00
Travaux en cours divers	1 473 107,27
Compteurs en location vendus par annuités	1 610 376,98
Impôts sur Actions, Obligations	341 330,95
Titres en portefeuille	7 899 534,73
Coupons divers et obligations amorties en cours de paiement	367 825,74
Total	74 614 564,39

Passif.	fr
Capital-Actions	9 000 000,00
Obligations 4 pour 100 (16 659 obligations à amortir)	8 143 500,00
Obligations 4 pour 100 amorties (3 262 obligations amorties)	1 818 000,00
Réserves :	
Obligations 5 pour 100 amorties	190 000,00
Fonds de réserve statutaire	900 000,00
Fonds de prévoyance	1 800 000,00
Réserve extraordinaire	1 450 000,00
Réserve pour participations	350 000,00
Réserve de change	1 000 000,00
Réserve pour fluctuation des métaux	1 200 000,00
Réserve pour accidents du travail	400 000,00
Réserve immobilière	1 730 835,00
Réserve pour amortissement des constructions	6 000 000,00
Réserve spéciale (primes sur les augmentations de capital) (1907 et 1912)	11 000 000,00
Réserve pour amortissement du matériel et outillage	3 253 493,30
Provision spéciale	3 000 000,00
Frais pour nouvelles constructions et aménagement	6 261 500,00
Effets à payer	157 370,00
Créditeurs divers	3 288 621,52
Caisse de Prévoyance	8 862 986,25
Coupons échus à payer	317 244,36
Reliquat des bénéfices de l'exercice 1914-1915	1 966 410,55
Profits et Pertes. Bénéfices de l'exercice 1915-1916.	10 831 582,68
Total	74 614 564,39

Digitized by Google

Est-Lumière.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 30 DÉCEMBRE 1916.

Nous avons déjà rendu compte sommairement, dans le numéro du 5 janvier, de l'Assemblée générale ordinaire de l'Est-Lumière. Le Conseil d'administration, dans son rapport aux actionnaires, a tout d'abord fait ressortir la proportion considérable dans laquelle le prix de revient extraordinairement élevé du charbon avait majoré ses dépenses.

Nous relevons en effet que, si les recettes d'exploitation se sont élevées à 7 103 209 fr, en augmentation de 2 536 641 fr sur l'exercice précédent, les dépenses sont, par contre, en accroissement de 3 445 258 fr.

Dans ces conditions, la Société, pour rétablir l'équilibre de son exploitation, et faire face aux nécessités des services publics dont elle a la charge, a demandé aux municipalités un relèvement temporaire des tarifs en vigueur.

L'Est-Lumière, pour suffire aux besoins sans cesse grandissants de sa clientèle, a accru ses moyens de production par un contrat avec l'Énergie électrique de la Seine dont elle possède une part importante du capital.

L'Assemblée générale a résolu de prendre sur la réserve spéciale la somme de 630 601 fr pour amortir le solde débiteur du compte profits et pertes que fait ressortir le bilan que nous reproduisons ci-dessous. Elle a élu comme administrateur M. Henri Cahen, en remplacement de M. Jeramec, décédé au cours de l'exercice.

BILAN AU 16 JUIN 1916.

Actif.	fr
1° Immobilisations :	
Usine centrale	8 319 299, 78
Réseaux	12 905 520, 48
Feeders	5 530 088, 29
Frais de constitution	1 »
Frais de premier établissement	1 »
2° Actif réalisable :	
a) à terme :	
Marchandises générales	764 644, 41
Cautionnements aux communes	78 880, 40
b) disponible :	
Caisses et banques	531 220, 10
Débiteurs divers	1 124 815, 48
Titres en portefeuille	431 250 »
3° Comptes divers :	
Frais d'émission	1 »
Parts de fondateurs	1 »
Primes de remboursement	434 140 »
4° Profits et pertes :	
Solde débiteur de l'exercice 1915-1916	630 601, 89
	30 738 464, 83

Passif.	
1° Engagements sociaux :	
Capital actions	10 000 000 »
Réserve légale	903 351, 68
Réserve spéciale	1 377 183, 96
2° Compte d'amortissements	4 951 811, 89
3° Engagements envers les tiers :	
a) à terme :	
Capital obligations (amortissements déduits	10 833 000 »
Dépôts de garantie aux abonnés	565 133, 70
b) exigibles :	
Créditeurs divers	1 357 419, 78
Actions : coupons échus restant à payer	14 658, 10
Obligations : coupons échus restant à payer	333 706, 72
Obligations sorties à rembourser	515 199 »
	30 738 464, 83

Revues, analyses et informations

La guerre économique.

L « Elektrotechnische Zeitschrift », qui est comme on sait l'organe officiel des sociétés électrotechniques allemandes, publie dans son numéro du 2 novembre, un article intitulé les « Perspectives de la guerre économique », qui, malgré son optimisme, laisse cependant percer la crainte que les mesures économiques prises par les Alliés ne soient efficaces. Nous donnons ci-dessous la traduction aussi littérale que possible de cet article :

« Il existe une grande différence entre les mesures économiques et les dispositions relatives au commerce, aussi bien pendant qu'après la guerre, des puissances centrales et de leurs ennemis. Pour ces derniers, la politique commerciale est un moyen de guerre; chez nous, elle a pour but d'obtenir un travail aussi productif que possible, après la guerre. En conséquence, ces choses sont discutées par les puissances centrales, avec toute la publicité possible, et la plupart du temps, avec le concours des cercles intéressés, tandis que chez les puissances de la Quadruple Alliance, elles sont traitées dans des conférences gouvernementales secrètes.

» Le but de la politique commerciale adverse est le blocus des puissances centrales, le dernier espoir de l'Angleterre. Depuis que la possibilité d'affamer l'Allemagne, ou de provoquer un soulèvement du peuple allemand, par suite du manque de vivres, ne peut plus être considérée, l'Angleterre a élargi son but. L'Allemagne doit être rejetée du commerce mondial, et, ensuite, quand elle aura perdu la source supposée de son bien-être, elle tombera au rang de peuple primitif.

» Ce calcul est faux déjà, parce que l'ascension de l'Allemagne dans le commerce mondial n'est pas due à un artifice politique, mais est la conséquence naturelle de son développement et de sa force économique intérieure. Par conséquent, les relations commerciales de l'Allemagne avec l'extérieur ne peuvent être interrompues pendant longtemps par des mesures politiques. Le marché mondial — c'est une loi économique immuable — tend à acheter et à vendre là où il y a la plus grande utilité, le plus grand profit et at plus grande valeur. Par contre, on ne peut combattre que passagèrement avec des moyens politiques, et non pas sans dommages pour soi-même. Sans cela le *commerce* n'a pas de sens.

» Les mesures économiques de nos adversaires, en temps de guerre, sont d'ordre personnel (différentes catégories de personnes atteintes) et d'ordre matériel (listes de marchandises prohibées, dans le sens de la conception anglaise allant extrêmement loin). En outre, on envisage certaines mesures particulièrement hostiles, de nature passagère, après la conclusion de la paix. Là, les Alliés veulent es

Digitized by Google

venir mutuellement en aide, en ce qui concerne les territoires atteints par la guerre, en se réservant leurs ressources naturelles et, autant que possible, en échangeant des ouvriers, des matières premières et des machines. En cela, on semble oublier que c'est le glaive qui décidera finalement des conditions de paix. Cela prouve cependant que l'on craint la concurrence de l'Allemagne dans le marché mondial, ce qui ne montre pas qu'on ait une confiance profonde dans l'épuisement de l'Allemagne.

» Finalement, en ce qui concerne la politique économique en commun des puissances de la Quadruple Alliance, en temps de paix, la qualification brève est que ce ne sont que des phrases politiques et même une codification de phrases, qui, — ainsi qu'il a été dit plus haut — parce qu'elles sont en contradiction avec les bases naturelles du commerce mondial, n'ont aucune valeur. Elles n'engagent par conséquent à rien et sont sans valeur, comme des mûres sauvages.

» Nos adversaires ne voient pas que leurs intérêts politiques, économiques, concordent très peu. L'Angleterre est seule en étroite liaison avec ses colonies. La France a bien pour ses articles fins de luxe un bon débouché commercial en Angleterre, mais celui-ci ne peut plus être augmenté, et n'est de beaucoup pas aussi plein d'avenir que celui des puissances centrales. Les pays alliés, la France et l'Italie, sont opposés au point de vue économique, à cause de l'analogie de leur exportation (soie, vins, fruits du Midi). L'Italie ne peut pas pour cela renoncer à l'Allemagne. Finalement la Russie ne le peut également pas, car elle réalise ici le tiers de son importante exportation de grains, pour lesquels elle n'a pas d'autre preneur. C'est ainsi qu'en peu de mots, la réalité des phrases politiques peut être mise à jour. A côté de cela il s'est formé dans les pays ennemis des organisations privées pour combattre le commerce allemand. Leur valeur est faible, car elles ne reposent que sur des questions sentimentales, et non sur les bases naturelles du commerce, le prix et la nature des marchandises. Elles exigent par conséquent un effort constant et le contrôle le plus rigoureux ou bien elles se perdent bientôt dans le sable.

» Les puissances centrales préparent une alliance économique, afin d'amener à un développement complet leur travail commun, en temps de paix. Les puissances de la Quadruple Alliance sont une association de guerre économique, qui sert au but politique de guerre, d'anéantir l'adversaire. Leur but n'est pas positif, mais bien négatif, non pas immédiat, mais lointain. Là gît la différence. »

Cette manière de raisonner est bien allemande : on établit un soi-disant axiome, plus ou moins justifié, et tout le reste en découle : le commerce mondial (le Welthandel, car tout est mondial pour l'Allemand qui voit grand) est soumis à une règle absolument invariable, que rien ne peut faire changer; ou encore, c'est le pays de la Kultur qui fournit les meilleures marchandises et au plus juste prix, donc personne ne peut l'égaler.

La note suivante, parue depuis la rédaction de cet article, dans « The San Francisco Examiner », en confirme bien les conclusions.

« Un expert nous a déclaré que la moitié des matières tinctoriales apportées par le « Deutschland » est restée pour compte, faute d'acheteurs dans les docks de Baltimore. L'Amérique s'est libérée du monopole allemand. Il y a quelques mois un certain nombre de brevets étaient venus à expiration et les fabricants ont pu donner libre carrière à leurs recherches. Ils ont si complètement réussi que le même produit que les Allemands vendaient 23 fr la livre est offert par eux à 8,75 fr, et si l'on entend parler à New-York de produits provenant du « Deutschland », ce n'est qu'une ruse de vendeurs qui colorent d'un nom allemand ce qui a été fabriqué chez nous. »

F. L.

La lutte économique d'après-guerre.

Nous extrayons du compte rendu de la séance du 20 décembre de la Société de statistique de Paris la communication suivante, due à M. Cadoux, sur la préparation de la lutte économique d'après-guerre :

« Si nous ne voulons pas, dit-il, que les sacrifices accomplis pour la patrie restent inutiles et que l'héroïsme de nos enfants pour sa défense et son avenir soit vain, il nous faut préparer la lutte économique d'après-guerre de tout notre cœur et de toutes nos énergies. Le devoir de tous est de participer à l'organisation méthodique des forces restreintes qui resteront à la patrie, forces intérieures comme forces extérieures, pour mener cette lutte économique, qu'il faut courageusement envisager comme devant être âpre et difficile, après les hostilités, et, si possible, dès à présent.

» Pour l'extérieur je puis signaler l'effort d'organisation, de cohésion et de coordination qu'a entrepris de réaliser l'Union des Chambres de commerce françaises à l'étranger, en vue de faire contribuer toutes les Chambres et Comités consultatifs français de l'étranger, de nos colonies et des pays de protectorat à cette reprise vigoureuse de notre vie économique. J'espère que ses appels seront entendus et que ces excellents éléments d'information et d'action seront bien utilisés.

» D'une façon générale, nous connaissons assez mal le personnel et les ressources des Français utilisables de l'étranger. On n'a pas, jusqu'à ces temps derniers, attaché d'importance à posséder de bons recensements de nos nationaux établis à l'extérieur. Pour des raisons qui tiennent à une maladresse fiscale, la plupart des membres de nos colonies françaises à l'étranger n'ont jamais voulu se prêter à une formalité d'immatriculation. S'ils n'ont pas besoin de recourir régulièrement à nos consulats ou chancelleries, ils n'y paraissent guère et ceux-ci les ignorent. On devrait essayer, sans plus tarder, d'obtenir de la collaboration des Chambres de commerce françaises à l'étranger et de nos agents consulaires ou diplomatiques, des relevés complets, mis à jour, de tous les Français établis à l'étranger, par catégories professionnelles, et des relevés de toutes nos entreprises françaises, commerciales, industrielles, de travaux publics, de banque, de chemins de fer et de navigation maritime, d'enseignement et de bienfaisance.

» Tout en rendant justice aux dépouillements déjà faits, sous la direction de M. March, par la statistique générale de la France, je crois qu'un tel complément d'information est nécessaire pour apprécier, avec une suffisante exactitude, sur quelles bases on pourra s'appuyer pour développer, après la guerre, les organisations industrielles et commerciales françaises et inter-alliées hors de la métropole, quels appuis elles peuvent trouver près d'organisations similaires de neutres amis, et comment elles peuvent efficacement contribuer à notre expansion économique et à notre influence. On pourrait ainsi se rendre compte des élements que nos nationaux peuvent indiquer et peuvent procurer pour l'importation de matériaux et matières premières, de main-d'œuvre, de produits ou de denrées destinés à être consommés ou transformés en France; pour préparer dans ces buts

Digitized by Google

des ententes avec nos alliés et les neutres, pour s'assurer par préférence ou réciprocité certains débouchés chez ces fournisseurs éventuels.

» Il serait aussi nécessaire de régler, mieux qu'il ne l'est, le statut des français fixés à l'étranger et surtout celui des enfants de parents Français nés à l'étranger. Dans l'Amérique du Sud, et dans d'autres contrées où ils avaient de grands intérêts, acquis ou en projet, les Allemands ont maintenu leurs nationaux, alors que nous n'avons songé que très tardivement à y renvoyer certains de nos compatriotes mobilisés, lesquels, placés dans les services auxiliaires ou dans la réserve de l'armée territoriale, n'étaient nullement indispensables à la défense armée de la patrie et manquaient pour défendre ses intérêts contre les menées de nos concurrents. On devrait, à l'avenir, attirer les jeunes Français exotiques pour leurs études en France, et s'ingénier à leur faciliter l'accomplissement du service militaire; il est inadmissible que ces jeunes gens, nés de parents français, en Argentine par exemple, soient à la fois astreints au service militaire argentin et au service militaire français; cette anomalie a pour conséquence l'abandon par beaucoup trop de leur qualité de Français.

» Si nous savons utiliser nos Chambres de commerce, nos consuls, nos attachés commerciaux et les nationaux compétents fixés hors de France, à nous établir rapidement un inventaire suffisant de toutes les ressources que la France peut tirer, dès à présent, et surtout la paix conclue, de nos compatriotes et de nos amis à l'étranger: pour la réfection de notre outillage, la reconstitution de notre cheptel, pour nous procurer des matières premières ou des produits mi-ouvrés destinés à alimenter notre industrie: de la main-d'œuvre blanche ou de couleur pour nos chantiers et nos usines; des capitaux pour nos grandes entreprises, nous aurons réuni des éléments fort précieux pour mener la lutte économique. Ces concours des Français établis hors France nous aideront au début de notre effort à surmonter les nombreuses difficultés que la reconstitution de nos moyens de production et la reprise de notre activité rencontreront. Il n'est que temps d'entreprendre, pour aboutir d'ici à la fin de la guerre, la réalisation de ce projet qui consiste à connaître avec une précision suffisante ce que la France peut actuellement et surtout pourra plus tard offrir et demander à ses nationaux établis à l'étranger, dans ses colonies et protectorats, pour d'abord reconstituer sa puissance de production, ensuite pour fabriquer, vendre et acheter.

» L'utilité d'enquêtes, aussi précises que possible et menées avec conscience, est évidente pour l'ensemble de nos affaires; elle saute aux yeux pour le succès de tentatives de déplacements d'affaires comme les foires d'échantillons de Paris, de Lyon et de Bordeaux; pour la réorganisation de nos marchés intérieurs et hors France; pour la création de nouvelles industries d'exportation, création particulièrement importante, mais exigeant un effort continu et bien ordonné. Le syndicat des fourreurs, par exemple, entend créer bientôt à Paris, pour concurrencer Leipzig, des ventes périodiques de fourrures et de pelleteries. C'est une idée excellente; mais, à mon avis, pour enlever à Leipzig une part suffisante des 600 millions de francs de ses transactions annuelles en pelleteries, il sera nécessaire de créer des maisons triant et assortissant les fourrures brutes, les apprêtant, les teignant, les lustrant, bref, permettant aux acheteurs de trouver, à ces ventes périodiques de Paris, les marchandises choisies, traitées et mises en valeur qu'ils trouvaient auparavant à Leipzig. Et cet effort « payera » largement, comme disent les Anglais; créera du travail pour des milliers d'artisans, et enrichira des centaines d'industriels et d'intermédiaires. Il ne suffirait pas de déplacer un peu de ce vaste commerce par des ventes publiques: il sera nécessaire de créer, dans la région de Paris, des industries qui ont été la véritable raison d'être des succès et de la prospérité du marché de Leipzig pour les pelleteries brutes et mi-ouvrées.

» Pour ces produits, comme pour nombre d'autres, nous aurons vite une clientèle assurée en France, en Russie, en Orient, dans nos colonies et en Amérique pour peu que nos usines ou manufactures, bien que se sentant protégées, envisagent, avec la bonne qualité, les prix et conditions de vente de leurs marchandises, et sachent confier leurs intérêts et la réputation de leurs produits non pas à des voyageurs à la commission, sans compétence suffisante et mal rétribués, mais à des représentants nationaux, instruits, capables commercialement et techniquement, pouvant les renseigner sur les besoins et les variations de goût de la clientèle et adapter notre production à ces besoins et à ces goûts.

» Je crois enfin que des groupements intelligents de nos industriels peuvent nous rendre indépendants des Allemands pour fabriquer et établir les outillages, les câbles et les lampes de toutes nos installations d'électricité.

» Pour former les cadres de notre nouvelle armée industrielle et commerciale, il nous faut réformer, perfectionner notre enseignement technique, industriel et commercial, faire passer dans l'esprit des chefs d industrie la conviction que la science et la méthode sont leurs deux meilleures collaboratrices, persuader nos grands négociants que l'art de bien évaluer, par les chiffres, les aléas des entreprises, d en bien mesurer les données préalables puis les résultats, c'est-à-dire d'utiliser les statistiques bien dressées et bien interprétées. Cette science auxiliaire leur serait, comme la science pure, d'un grand secours dans toutes les luttes pacifiques à prévoir pour assurer l'expansion économique de notre pays et le succès de leurs affaires. »

» D'autre part, les expériences improvisées pour procurer de la main-d œuvre coloniale ou étrangère à nos usines de guerre et à certaines industries démunies par la mobilisation devront être soigneusement étudiées, et les recrutements futurs organisés à la lumière des résultats déjà réalisés, en utilisant l'avis des employeurs et des intéressés. »

Comme conclusion pratique, M. Cadoux propose que la Société de statistique émette le vœu que la statistique générale de la France prépare deux questionnaires: l'un demandant aux Français établis à l'étranger (et particulièrement aux Chambres de commerce et Comités consultatifs) l'énumération des articles fournis auparavant (ou encore actuellement) par les Allemands et que des articles français peuvent remplacer, ainsi qu'une liste des ressources en matériaux et matières premières, main-d'œuvre, capitaux, navires de commerce, que les pays où résident nos compatriotes peuvent offrir à la France; l'autre questionnaire ayant trait au recensement méthodique des Français, de leurs entreprises et de leurs écoles ou œuvres à l'étranger, dans nos pays de protectorat et même dans nos colonies comme les Indes françaises, l'Indo-Chine et les colonies africaines, dont le Sénégal est le centre, où nous sommes des minorités.

Digitized by Google

SECTION DE LÉGISLATION

La protection de la propriété industrielle

En quelques lignes d'introduction, l'auteur expose le but de son travail qui consistera en une revision critique de grande envergure de toute la législation relative à la propriété industrielle. Dans le présent article, il donne la signification juridique du mot invention; il définit ensuite les conditions que doit remplir une invention pour être brevetable et les formalités à remplir par l'intéressé pour s'assurer la propriété exclusive de son invention; il est ainsi amené à commenter les lois de 1793 et 1844 et enfin, celles, plus récentes, du 14 juillet 1909 et du 15 mars 1914.

I. — Des moyens que la loi offre aux créateurs de l'industrie pour protéger leurs créations.

En inaugurant par ce premier article les études qui pourront être consacrées dans cette revue à la Propriété industrielle, notre pensée est de dresser tout d'abord une sorte de table des matières des lois protectrices de la Propriété industrielle, et de rappeler aux industriels, par des indications élémentaires mais précises, les moyens que la loi leur offre pour assurer, tant en France qu'à l'étranger, la protection des objets de leur industrie contre les entreprises de concurrents peu scrupuleux, et aussi de les prémunir dans le choix de ces moyens contre des erreurs initiales ou des oublis souvent irréparables par la suite.

Les créations de la Propriété intellectuelle, si on les analyse, se groupent en diverses catégories bien distinctes. Les unes portent sur des découvertes ou inventions aboutissant à un résultat industriel, c'est-à-dire poursuivant un but directement utilitaire. Elles comprennent les inventions brevetables et les secrets de fabrique et sont protégées par la loi de 1844 sur les brevets d'invention et l'article 148 du Code pénal.

Les autres ne font que prendre dans le fonds commun une chose ou une idée préexistante pour la revêtir d'une forme nouvelle qui, seule, appartient à celui qui l'a imaginée, chacun restant libre, après comme avant, de reprendre la même idée et de la développer, de la concréter à sa guise sous réserve de faire œuvre originale et de ne pas reproduire indûment le travail d'autrui.

Celles-ci tendent, non à la solution d'un problème industriel, à la satisfaction d'un besoin, mais à la satisfaction de l'esprit et du goût, à l'accroissement du domaine de l'agréable, sans que l'utilité en soit accrue. Ce sont les créations de la forme : créations littéraires, artistiques, dessins et modèles. Elles sont protégées par la loi du 19-27 juillet 1793 sur la propriété littéraire et artistique, et la loi du 14 juillet 1909 sur les dessins et modèles.

A côté de ces lois, gardiennes de la Propriété intellectuelle, il existe une série de dispositions qui assurent le respect du nom commercial, des marques de fabrique et de commerce, des indications de provenance des produits, et ont pour effet de maintenir la loyauté du commerce. (Loi de 1824 sur le nom commercial; loi du 23 juin 1857 sur les marques de fabrique ou de commerce; loi de 1892 relative au tarif général des douanes, art. 15; loi du 5 juillet 1905 sur les fraudes, etc...)

INVENTIONS BREVETABLES. — 1° *Loi protectrice de la Propriété industrielle.* — Les inventions brevetables sont, avons-nous dit, les découvertes ou inventions conduisant à un résultat industriel.

Tandis qu'au point de vue grammatical les mots « découverte » et « invention » ont un sens différent, la découverte supposant une chose préexistante, créée sans la participation de l'homme, l'invention, au contraire, s'appliquant à des objets à la confection ou à la réalisation desquels l'homme contribue directement, soit qu'ils n'existassent pas auparavant, soit que, existant, ils fussent inconnus de l'inventeur.

Au point de vue juridique, cette distinction est sans valeur.

Par contre, le mot *invention* a, dans la langue du droit, une signification tout à fait spéciale.

Ce serait, en effet, une erreur de croire que toute invention ou découverte est brevetable.

On peut avoir fait une découverte importante, et cependant ne pouvoir la protéger par un brevet.

La première condition pour qu'une invention soit brevetable, c'est qu'elle puisse être industriellement utilisée, qu'elle procure un résultat industriel. Les découvertes purement scientifiques ne peuvent faire l'objet d'un brevet. Dès qu'elles sont révélées, elles appartiennent à tous et l'auteur ne peut que revendiquer la gloire de les avoir faites.

Conduisent-elles, au contraire, à une application industrielle, elles deviennent brevetables au moins dans les limites de cette application spéciale.

La seconde condition de brevetabilité est la nouveauté. Il faut que l'invention, au moment où le brevet est déposé, soit nouvelle, c'est-à-dire qu'elle n'ait pas reçu antérieurement une publicité suffisante pour pouvoir librement être exécutée par des tiers.

La loi française de 1844, plus rigoureuse que beau-

Digitized by Google

coup de lois étrangères, mais assurément plus logique, exige, pour que le brevet soit valable, la nouveauté absolue de l'invention.

Le brevet conférant à son possesseur un droit exclusif sur l'objet breveté, sa validité ne peut logiquement se concevoir que si, d'une part, il ne préjudicie pas à des droits acquis, et si, d'autre part, personne, jusque-là, n'a été légitimement en possession de l'invention, c'est-à-dire que si l'invention est nouvelle. Cette nouveauté peut résider dans le produit lui-même inventé (produit nouveau), dans le procédé d'obtention de l'objet ou du produit (moyen nouveau), dans l'application qui est faite de moyens préexistants (application ou combinaison nouvelle de moyens connus) (1).

Une conséquence pratique à tirer de ce principe est que celui qui fait une invention et veut en conserver la propriété doit la breveter avant tout usage public, avant toute divulgation. S'il a besoin de construire un modèle, de se livrer à des essais, il doit le faire en se préservant avec soin des indiscrétions et déposer son brevet dès qu'il est en mesure de formuler nettement le point sur lequel porte son invention.

Mais une fois que le brevet est déposé, l'inventeur peut divulguer son invention, il peut la publier, l'exploiter; il est protégé. Il a même un délai de priorité d'un an pour prendre valablement son brevet à l'étranger, dans tous les pays signataires de la Convention d'Union de 1883. De même, s'il a commencé par prendre son brevet à l'étranger, dans un pays de l'Union, il a un an pour le prendre en France, et il peut sans nuire à ses droits publier, et exploiter, en attendant, son invention en France (2). Si, dans l'intervalle, un tiers a pris un brevet pour la même invention, le brevet corrélatif du premier brevet pris à l'étranger, primera ce brevet, même s'il est en apparence de date postérieure, sous la seule condition qu'il soit pris dans l'année du brevet étranger.

Entre deux brevets pris en France, par exemple, pour la même invention, à des dates différant de moins d'un an, ce n'est donc pas nécessairement le premier en date qui doit être réputé valable. Il peut être paralysé par le second si celui-ci correspond à un brevet étranger antérieur. C'est là un point de grande importance pratique et qu'il ne faut pas oublier.

(1) La loi anglaise exige que, d'une part, l'invention ne soit pas industriellement pratiquée, et, d'autre part, qu'il n'ait pas été pris, pour la même invention, de brevet anglais, remontant à moins de cinquante ans; la loi allemande exige, pour la seconde condition, que l'invention n'ait pas été décrite dans un ouvrage imprimé ayant pénétré en Allemagne depuis moins de cent ans.

(2) La loi des Etats-Unis accorde aux citoyens des Etats-Unis un délai de priorité de deux ans pour prendre valablement un brevet. La publicité donnée à l'invention dans cet intervalle est sans effet, vu la valeur du brevet américain, mais vis-à-vis des brevets pris en correspondance du brevet américain, par le jeu de la Convention, en France notamment, cette publicité constitue une divulgation destructive de la valeur du brevet; c'est pour cette raison, jointe à ce que le plus souvent l'exploitation par fabrication en France fait défaut, que la plupart des brevets pris par les Américains en France sont sans valeur.

Si la publicité d'une invention fait obstacle à la prise ultérieure d'un brevet valable, il en est autrement de la possession secrète de l'invention entre les mains d'un tiers. Le brevet pris reste valable, mais il n'est pas opposable au tiers qui justifie avoir possédé l'invention avant sa date. Il y a donc grand intérêt à pouvoir, le cas échéant, prouver la date d'une invention, lorsque, pour une raison quelconque, on s'est contenté de la conserver à l'état de secret sans la breveter.

A côté du brevet comme moyen de protection de l'invention se place le secret de fabrique. Certaines inventions peuvent être exploitées secrètement. Tant que le secret peut être gardé, l'invention est par là même protégée, sans limitation de durée; mais si une indiscrétion est commise, si le secret disparaît, les droits de l'inventeur s'évanouissent.

Celui-ci pourra, dans certains cas, faire condamner le ravisseur du secret pour violation de secret de fabrique, mais presque toujours les poursuites mêmes auront pour conséquence la divulgation du secret et la perte définitive de ses droits.

La conservation d'un secret de fabrique est chose délicate et on doit conseiller aux industriels de ne recourir à ce mode de protection que lorsque la nature de l'invention, l'intérêt primordial qu'il peut y avoir à ne révéler à personne le mode de réalisation de l'invention, son peu d'importance, ou encore la difficulté, la fabrication une fois révélée, d'atteindre efficacement la contrefaçon, etc..., ne permettent pas de recourir à la prise d'un brevet.

Créations de la forme. — Les créations de la forme comprennent toutes les œuvres littéraires, artistiques, d'art appliqué, les dessins et modèles répandus par milliers dans l'industrie. A l'inverse de ce qui existe pour les brevets, ces créations ne poursuivent pas un but directement utilitaire, elles ne procurent pas un résultat industriel.

En ce qui les concerne, la création porte non sur le fond même, presque toujours préexistant et dans le domaine public, mais sur la forme spéciale qu'elle revêt. L'écrivain ne peut revendiquer sa pensée qui, dès qu'elle est révélée, appartient à tous, mais seulement la forme dont il l'a revêtue; le sculpteur ne peut empêcher un rival de traiter le même sujet s'il l'interprète autrement; le fabricant de porcelaine qui crée le service de table ne peut faire obstacle à ce qu'un concurrent en crée un autre s'il est différent; le fabricant du papier peint ne peut monopoliser l'industrie du papier peint ou même un genre de papier peint, mais il peut défendre que l'on copie ses dessins. Au point de vue utilitaire, l'assiette sans ornement n'est pas plus utile que l'assiette la plus richement ornée; la plus belle statue ne sert à rien tant qu'on ne lui fait pas porter un lampadaire, par exemple, et son utilité est alors celle d'un candélabre quelconque.

Il peut arriver toutefois que la forme donnée à un objet ne soit pas arbitraire, mais soit imposée par le but à atteindre; il en est ainsi par exemple pour un soc de charrue, pour un outil.... Dans ce cas, cette forme

Digitized by Google

donnant un résultat industriel, dont elle est inséparable, c'est la loi des Brevets qui seule peut lui assurer protection; si la forme n'est pas nécessaire au but industriel poursuivi, il peut y avoir cumul des deux protections.

Toute création mérite protection quels que soient son mérite et sa destination. L'art est un, sous une variété d'aspect infinie. La seule condition pour qu'il y ait protection est qu'il y ait création ou nouveauté ou tout au moins application nouvelle.

Deux lois assurent la protection de ces créations : la loi du 19-24 juillet 1793 sur la propriété littéraire et artistique, et la loi du 14 juillet 1909 sur les dessins et modèles.

La première complétée par une loi du 11 mars 1902 protège les écrits en tous genres, les compositions musicales, les tableaux, les dessins, toutes les œuvres des arts délinéatoires et plastiques, cela quels que soient leur mérite et leur destination. Toute création si humble, si modeste soit-elle, a droit à la protection.

La loi de 1793 n'exige, pour assurer la protection, aucune formalité préalable attributive de propriété, mais seulement pour les œuvres susceptibles de reproduction; en nombre, par impression, un dépôt préalable à l'action en contrefaçon, si l'œuvre est indûment reproduite, et si l'auteur veut mettre fin par la voie judiciaire à cette violation de ses droits. Par contre, elle laisse au demandeur, conformément aux principes généraux, la charge de prouver la date de la création et ses droits sur cette création.

La loi du 14 juillet 1909, plus générale encore, s'applique à tout dessin nouveau, à toute forme plastique nouvelle, à tout objet industriel qui se différencie de ses similaires, soit par une configuration distincte et reconnaissable, *soit par un ou plusieurs effets extérieurs lui donnant une physionomie propre et nouvelle*; elle institue un dépôt non attributif de propriété, qui peut être fait à toute époque, mais est nécessaire pour jouir de la protection spéciale qu'elle organise. Ce dépôt s'effectue au secrétariat du Conseil des prud'hommes ou à défaut au greffe du Tribunal de commerce du domicile du déposant. Les modalités sont indiquées en détail dans le texte même de la loi. Le dépôt permet au déposant de prendre date, fixe la nature de l'objet revendiqué et crée en faveur du déposant une présomption de propriété susceptible de disparaître devant la preuve contraire.

La protection de la loi de 1793 a pour durée la vie de l'auteur et cinquante ans après sa mort; elle n'exige aucune formalité, et, partant, aucun frais; celle de la loi de 1909 exige au contraire un dépôt qui entraîne à certains frais et ne dure au plus que cinquante ans; la loi de 1909 est toutefois, en grande partie, cumulative de celle de la loi de 1793 qui peut, après l'expiration de la protection procurée par celle-ci, être encore invoquée par l'auteur du dessin ou modèle.

En dehors des avantages signalés plus haut, au point de vue de la détermination du droit et de la preuve de propriété, la loi de 1909 donne ouverture à l'application, à l'étranger, de la Convention internationale de 1883 qui, en matière de dessins, accorde un délai de priorité de quatre mois après le dépôt dans le pays d'origine, pour la prise de la protection dans les autres pays signataires. Cette disposition, malgré le délai trop restreint accordé, présente un avantage sérieux pour les pays dont la législation, moins avancée que la législation française, n'assimile pas toutes les créations de la forme, quels que soient leur mérite et leur destination, aux œuvres artistiques et ne les admet pas à la même protection.

Il convient toutefois de signaler que les lois spéciales de ces pays exigent alors, en général, un dépôt à caractère attributif; la publicité antérieure au dépôt français, sans effet sur la validité de celui-ci, risquera souvent, si elle est relevée, d'être une cause de nullité du dépôt effectué à l'étranger (1).

Moyen de preuve de la date de création. — Les courtes observations présentées ci-dessus, au sujet de la protection des inventions brevetables et des créations de la forme, nous ont permis de mettre en évidence l'utilité qu'il peut y avoir, pour l'inventeur, à pouvoir préciser la date d'une invention, même s'il n'a pas jugé à propos de la breveter, car elle lui permet, en tout cas, d'en conserver la possession personnelle; pour le savant, dépourvu de protection en ce qui concerne ses découvertes mêmes, de pouvoir, au moins, établir la date à laquelle il les a réalisées, afin d'être en état de revendiquer, en cas de contestation, l'honneur de les avoir faites; pour le sculpteur, l'artiste industriel, qui invoque la protection de la loi de 1793, d'être en mesure de fournir la preuve de la nature de sa création et de sa date, etc...

Jusqu'à une date récente, les intéressés n'avaient guère d'autre moyen d'obtenir ce résultat que de déposer un pli cacheté de prise de date chez un notaire ou au secrétariat d'une Société savante. C'était là un mode de preuve assez fragile.

La mise en application des dispositions de l'article 4 de la loi du 14 juillet 1909 qui prévoit la possibilité pour les auteurs de dessins et modèles de faire constater, autrement que par le dépôt prescrit par la loi, la priorité d'emploi de leurs dessins ou modèles, a permis à l'Association française pour la protection de la propriété industrielle d'obtenir des pouvoirs publics l'organisation, à l'Office national de la Propriété industrielle (Conservatoire des Arts et Métiers), d'un service de dépôts et de garde de plis cachetés tout spécial. Ce service, créé spécialement pour les dessins, permet, actuellement en réalité, à tous les créateurs de la pensée, quels qu'ils soient, de s'assurer une preuve facile et peu coûteuse de la date de leurs créations.

L'organisation créée par arrêté du ministre du Commerce, du 13 mars 1914, est encore presque ignorée du public et, en raison des événements de la guerre, qui n'ont pas permis de lui donner la publicité nécessaire, en raison de son caractère essentiellemen'

(1) Ce serait alors, en ce qui concerne les dépôts des Français, une situation analogue à celle signalée plus haut en ce qui concerne beaucoup de brevets pris par les Américains en France.

Digitized by Google

pratique, des services qu'elle peut rendre, nous croyons utile d'appeler spécialement sur elle l'attention de nos lecteurs.

Aux termes de l'arrêté du 13 mars 1914, les dessins ou représentations graphiques (en réalité les documents quels qu'ils soient), dont on désire prouver la priorité de création, doivent être établis en deux exemplaires identiques. Les deux exemplaires sont placés respectivement dans chacun des deux compartiments d'une enveloppe double spéciale (1).

Mise à la disposition du public par l'Office national de la Propriété industrielle, l'enveloppe remplie ne doit pas avoir une épaisseur de plus de 3 mm, elle ne doit contenir aucune partie dure ou métallique.

L'enveloppe, accompagnée d'un mandat-lettre de 2 fr, est envoyée à l'Office national de la Propriété industrielle.

L'Office enregistre le pli à son numéro de réception, perfore l'enveloppe à ce numéro, inscrit sur l'enveloppe le numéro d'enregistrement, la date et l'heure de l'arrivée. Les deux compartiments de l'enveloppe sont ensuite séparés, l'un est conservé à l'Office, l'autre retourné à l'envoyeur, sous pli recommandé, pour lui servir de titre, et, s'il y a lieu, concurremment avec le duplicata conservé à l'Office.

L'exemplaire conservé à l'Office y est classé dans les Archives pendant cinq ans ; à l'expiration de ce délai, il est, si la prolongation n'en a pas été requise pour une nouvelle période de cinq ans, moyennant le renouvellement de la taxe primitive, restitué au déposant ou à ses ayants cause sur demande et contre décharge, faute de quoi il est détruit.

En cas de contestation judiciaire, si la présentation de l'exemplaire conservé par le déposant ne suffit pas pour entraîner la conviction du Tribunal, l'exemplaire de l'Office peut, sur demande du Président du Tribunal saisi de l'instance, lui être envoyé par la poste sous pli recommandé. L'exemplaire ainsi envoyé ne peut plus être réintégré dans les archives de l'Office.

Il convient d'ajouter qu'un arrêté du 7 mai 1915 autorise, sous conditions, l'envoyeur à demander que la conservation de l'exemplaire qui ne lui est pas retourné soit confié au Bureau international de la Propriété industrielle à Berne, qui a accepté, à titre d'essai, d'en assurer le gardiennage.

Le système de preuve par enveloppe, s'il se développait dans les relations internationales — et on ne voit, à la réflexion, nul obstacle pour qu'il n'en soit pas ainsi — serait des plus utiles à tous les créateurs de la pensée. Il aurait sans doute pour effet, en fournissant un moyen de preuve simple, efficace et peu coûteux, de la nature et de la date des créations, de faire disparaître des diverses législations internes, dans un délai plus ou moins rapproché, les formalités à caractère attributif imposées pour la conservation de certains droits et qui, au fond, ne peuvent se justifier que par les commodités qu'elles procurent pour renseigner immédiatement les intéressés sur la consistance des droits que celui qui s'y soumet entend revendiquer.

L'emploi des enveloppes, il ne faut pas l'oublier, ne dispense pas le créateur, le cas échéant, de satisfaire à certaines formalités exigées par des lois spéciales, prise d'un brevet s'il s'agit d'une invention pour en avoir le monopole temporaire, conformément à la loi de 1844, dépôt d'un dessin ou modèle au Conseil des prud'-d'hommes pour se prévaloir de la loi du 14 juillet 1909, d'une marque pour pouvoir invoquer les dispositions spéciales de la loi de 1857 sur les marques. Par l'envoi de sa création à l'Office national dans l'enveloppe double, le créateur ne fait que fixer à la fois la nature de sa création et la date à laquelle il l'a faite.

C'est déjà un résultat suffisant dans beaucoup de cas, pour que les intéressés n'hésitent pas, dès à présent, à faire un usage fréquent de ce moyen de preuve que sa simplicité et son bon marché mettent réellement à la portée de tous.

A suivre.

André Taillefer,

Avocat à la Cour d'Appel de Paris, Ancien élève de l'École polytechnique, membre de la Commission technique de l'Office national de la Propriété industrielle.

(1) Ce système d'enveloppe, fort ingénieux, est dû à M. Soleau, membre de la Chambre de commerce, ancien Président de l'Association française pour la protection de la propriété industrielle.

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

1re Année. — Tome I. — N° 4. — 27 Janvier 1917.

SOMMAIRE. — Les lampes à atmosphère gazeuse. Les forces hydrauliques de la Suède. — Discipline et organisation. — Le deuxième Congrès de la Houille blanche, p. 121 et 122.

Section scientifique et technique. — L'état actuel des théories électriques (*suite*), par Marcel Brillouin, p. 123. — Revues, analyses et informations : La photométrie des lampes à atmosphère gazeuse, p. 127; Étude des lois reliant la pression d'ionisation au courant dans l'effet de couronne obtenu sous des potentiels constants, p. 129.

Section industrielle. — L'organisation industrielle, par Paul Leclerc, p. 131. — La porcelaine électrotechnique (*suite*), par la Chambre syndicale, p. 133. — L'établissement d'un catalogue, par F. Scoumanne, p. 137. — Revues, analyses et informations : Ligne de traction suburbaine pour le transport des marchandises, p. 142; La remise en marche d'une distribution après une interruption forcée, p. 144.

Section économique et financière. — La tourbe et l'industrie électrique, par J. Vichniak, p. 147. — Assemblées générales : Sud-Électrique, p. 152; Tréfileries et laminoirs du Havre, p. 153. — Revues, analyses et informations : Les forces hydrauliques de la Suède, p. 154.

Section de législation. — La protection de la propriété industrielle (*suite*), par A. Taillefer, p. 157. Législation et jurisprudence : A propos de la loi du 31 décembre 1916, p. 159; Tribunaux, p. 160; Proposition de loi relative à la mise en valeur des forces hydrauliques en France, p. 160; Proposition de résolution concernant la création d'usines hydro-électriques, p. 160; Décret relatif à la commission des métaux et des bois et des fabrications de la guerre.

Les lampes à atmosphère gazeuse. Lorsque l'on a voulu appliquer aux lampes à filament de tungstène à atmosphère gazeuse les équations caractéristiques et les procédés photométriques des lampes au tungstène ordinaires, on s'est heurté à un certain nombre de difficultés, inconnues jusqu'à ce jour. On doit, en effet, compter avec des variables nouvelles pour obtenir des résultats toujours comparables. Dans les lampes à gaz, le filament est enroulé en forme d'hélice à spires serrées de grand diamètre par rapport à celui du filament : par conséquent, en observant le filament dans une direction perpendiculaire à l'axe, il peut arriver qu'une spire occulte plus ou moins la lumière émise par une autre. A cette cause d'irrégularité dans la distribution de la lumière, s'ajoute le manque de symétrie dans la disposition du filament autour de l'axe de la lampe. Il en résulte un papillotement intense sur l'écran du photomètre quand la lampe tourne aux vitesses ordinaires, d'où impossibilité de déterminer avec précision l'intensité moyenne horizontale sans dispositifs auxiliaires ; une augmentation de vitesse pour atténuer le papillotement est irréalisable, à cause du poids de la lampe, de l'emploi du mercure dans l'appareil rotatif, etc. On l'élimine cependant, en disposant, derrière la lampe, deux miroirs inclinés l'un sur l'autre de telle sorte que la plage photométrique reçoive à la fois la lumière directe et la lumière réfléchie. Cet artifice permet alors d'opérer à des vitesses très faibles, mais, s'il supprime le papillotement, il est sans effet sur deux autres causes d'erreurs provenant de la rotation. On a constaté, en effet, que, pour une même tension appliquée, le courant et l'intensité lumineuse ne reprennent pas des valeurs identiques quand la lampe passe du repos au mouvement de rotation ; ces deux grandeurs varient d'ailleurs en sens contraires et sont alternativement croissantes ou décroissantes suivant la vitesse de rotation et cela dans des proportions susceptibles d'entacher gravement toutes les mesures. Les lampes peuvent fonctionner droites ou renversées ; dans ce dernier cas, les variations sont réduites de moitié.

L'apparition de la lampe à atmosphère gazeuse soulève donc, en photométrie, des problèmes nouveaux, non seulement à cause de l'existence de toutes ces anomalies, mais encore à cause de la couleur de sa lumière qui diffère beaucoup de celle des lampes à vide. En particulier, les lampes à azote, qui sont à peu près exclusivement employées actuellement, donnent une lumière très blanche.

Pour encourager les industriels à poursuivre la fabrication de ces luminaires qui offrent d'autre part des avantages précieux, MM. G.-W. Middlekauff et J.-F. Skogland, du Bureau of Standards, ont entrepris des recherches systématiques qui ont abouti à un ensemble de règles précises pour la photométrie des lampes à atmosphère gazeuse et que l'on trouvera reproduite dans le présent numéro.

Digitized by Google

Les forces hydrauliques de la Suède. La guerre actuelle a montré, une fois de plus, que la situation économique de chaque pays dépend beaucoup du développement de ses ressources naturelles. A ce point de vue l'utilisation de la force motrice hydraulique présente un intérêt particulier. La Suède nous en donne un excellent exemple.

D'après les dernières données statistiques, les 11787 mines suédoises occupent 310 437 ouvriers et produisent pour 1 788 373 000 kroners (2 500 millions de francs) de marchandises. Les industries les plus importantes sont : les scieries (la production annuelle est égale à 242 millions de francs), les minoteries (165 millions de francs), l'industrie de la pulpe de bois (161 millions de francs), l'industrie mécanique (137 millions de francs).

En 1912, l'extraction du minerai de fer s'éleva à 6 700 000 tonnes et celle de la houille à 320 000 tonnes. Pendant la même année la production de la fonte atteignit 687 269 tonnes, celle du cuivre 1 072 tonnes et celle du zinc 3 298 tonnes.

Ces chiffres donnent une idée générale de l'état de l'industrie suédoise et de l'intérêt que présentent les électrifications de toutes sortes qui se poursuivent dans ce pays.

Nous nous proposons de donner prochainement une description des grandes usines de production d'énergie électrique construites depuis quelques années dans ce pays. En attendant, nous publions dans ce numéro une analyse d'une communication à « l'Engineering International Congress » de San Francisco de 1915, due à l'ingénieur suédois Sven Lubeck et montrant ce qui a déjà été réalisé et ce qui sera ultérieurement réalisé au sujet de l'utilisation des nombreuses chutes d'eau de la Suède.

Discipline et organisation. Dans l'article que nos lecteurs liront plus loin, M. Paul Lecler étudie les principes de l'organisation dans l'industrie moderne. Il en donne comme définition : « Une combinaison des éléments dont on dispose, en vue d'atteindre un résultat déterminé » et il expose les règles que doit observer l'industriel pour mettre de la méthode dans ses entreprises.

Cependant, à ces opérations toutes subjectives de classement ne doit pas se borner l'effort d'organisation pour que celle-ci atteigne son but le plus général, qui est l'expansion de l'industrie nationale suivant un programme rationnel : ce ne sont ni les règlements, ni les circulaires, ni les lois, ni les décrets qui nous ont fait défaut en France. Peut-on dire que notre organisation en soit plus avancée pour cela? Les faits sont là pour répondre que non. Que nous a-t-il donc manqué pour que ces règlements soient restés sans effet : la discipline : discipline de l'ouvrier qui exécute : discipline du chef d'industrie, qui ne cherche pas seulement son profit personnel, mais qui s'efforce de mettre celui-ci en harmonie avec l'intérêt général de sa corporation, discipline enfin, plus difficile à obtenir encore, du client lui-même, qui simplifie la tâche du fabricant en acceptant, toutes les fois que cela est possible, les modèles de série, en se pliant aux formules générales de tarification, en n'exigeant pas, pour le matériel qu'il commande, des conditions d'essais exceptionnelles.

Mais il ne suffit pas d'organiser les méthodes et de discipliner les esprits si l'on n'a pas réussi à unifier les fabrications. « Standardiser » les appareils, c'est permettre la spécialisation de l'outillage pour la grande série rémunératrice, c'est faciliter l'interchangeabilité des pièces détachées si nécessaire, en particulier pour le commerce d'exportation, c'est réaliser l'étude en commun des perfectionnements à apporter au matériel dans de grands laboratoires industriels.

N'est-ce pas à cette raison, en fin de compte, qu'est dû le développement si puissant de la raison sociale allemande pendant le dernier quart de siècle? C'est que celle-ci ne s'est pas bornée à la lettre du règlement, mais qu'elle a appliqué simultanément ces trois grands principes directeurs : *organiser, discipliner, standardiser*.

Le deuxième Congrès de la Houille blanche. Les importants résultats qui découlèrent des discussions du premier Congrès de la houille blanche tenu à Grenoble en 1902, engagèrent la Chambre syndicale des Forces hydrauliques, de l'Electrométallurgie, de l'Electrochimie et des Industries qui s'y rattachent, à organiser un nouveau Congrès qui devait avoir lieu à Lyon en septembre 1914. Le succès du premier était une garantie du succès du second ; aussi dès juillet 1914 de nombreux adhérents s'étaient-ils fait inscrire.

La guerre déchaînée par l'Allemagne empêcha la réunion de ce Congrès. Mais les questions qui devaient y être discutées avaient déjà fait l'objet de rapports très documentés ; de plus, divers conférenciers avaient dès juillet 1914 envoyé au Comité d'organisation les manuscrits des communications qu'ils se proposaient de présenter. Cet ensemble de documents, bien que ne représentant qu'une partie des travaux qui devaient être soumis à la discussion, ne pouvait rester inutilisé. C'est ce qu'a pensé la Chambre syndicale des Forces hydrauliques, de l'Electrométallurgie, de l'Electrochimie et des Industries qui s'y rattachent ; par ses soins les rapports et conférences reçus à fin juillet 1914 ont été réunis en deux volumes, luxueusement édités, qui viennent d'être distribués aux adhérents au Congrès.

Nous reviendrons bientôt sur le contenu de ces volumes. Pour aujourd'hui nous nous bornerons à en signaler la publication et à informer nos lecteurs qu'ils y trouveront, tant dans la section de législation et la section économique qui forment le premier volume, que dans la section technique qui à elle seule occupe le second volume, de remarquables études signées de personnalités dont nous sommes heureux de compter plusieurs dans le Comité de rédaction et parmi les collaborateurs de la « Revue générale de l'Electricité ».

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

L'État actuel des théories électriques

LES EFFETS MAGNÉTIQUES DES COURANTS DE CONVECTION

Après avoir rappelé qu'il convient de distinguer deux sortes de courants de convection, les courants de conduction dans les métaux et les électrolytes et les courants de convection proprement dits, l'auteur discute les expériences qui ont été faites pour reconnaître si ces derniers exercent une action électromagnétique : d'une part, expériences de Rowland, de Rowland et Hutchinson, de Crémieu, de Pender, de Crémieu et Pender au moyen d'un disque tournant chargé; d'autre part, expériences de Hertz et expériences de Joffé à l'aide des rayons cathodiques. De leur discussion, l'auteur conclut que ces expériences ont plutôt un caractère qualitatif que quantitatif et que les lois précises admises pour les courants de convection se rattachent non à l'expérience, mais aux équations du champ électromagnétique.

1. — Comme je l'ai dit à la fin du dernier chapitre, les progrès acquis depuis une vingtaine d'années en électricité théorique sont dus en grande partie à l'adoption d'une hypothèse structurale de l'électricité. Le courant électrique, avec son transport d'électricité positive dans un sens, négative dans l'autre, à travers le même espace, est alors regardé comme provenant du mouvement de masses discrètes, extrêmement petites, les unes positives, les autres négatives, entraînées par le champ électrique. C'est un courant de convection, même quand il revêt l'apparence de courant de conduction dans les métaux. Sans analyser davantage le phénomène, nous voyons de suite qu'*il y a lieu de distinguer au point de vue expérimental deux types distincts de courant de convection* : 1° ceux qui sont dus, comme on l'imagine pour les métaux et les électrolytes, aux transports de masses égales en sens contraire, chaque élément de volume restant neutre en moyenne, et dont nous connaissons bien l'action magnétique et les effets généraux; 2° ceux qui sont dus au transport d'une seule électricité, soit la positive, soit la négative et dont il faudrait connaître l'action — comme les plateaux des machines électrostatiques font par exemple : des coussins aux peignes qui les recueillent, les charges positives seules sont entraînées par le plateau de verre; les charges négatives qu'elles induisent sur les parois de la chambre restent immobiles.

2. D'après de vieilles expériences, nous savons que la densité de courants j équivaut, *au point de vue électrostatique*, à un double transport $e_+ u_+ + e_- u_-$ de densité e_+ positive et e_- négative avec les vitesses respectives u_+ et u_-, avec la condition de neutralité

$$e_+ + e_- = 0.$$

C'est seulement dans les électrolytes que les expériences de Hittorff ont renseigné sur l'inégalité des vitesses (opposées) u_+ et u_-. Au moins pour ces très petites vitesses, le champ magnétique créé paraît indépendant de leur rapport. Si cette propriété est générale, on est conduit à penser que *le transport d'une seule électricité produit le même champ magnétique qu'un courant* (neutre) *de même débit*. C'est là l'hypothèse essentielle relative aux courants de convection.

Remarquons que c'est l'expérience seule qui peut décider sur ce point; en dehors des effets statiques, une charge d'un certain signe en mouvement pourrait produire, outre les effets magnétiques, des effets d'une autre espèce, non classée encore, qui soient compensés par des effets égaux et opposés pour les courants dus aux transports simultanés en sens opposés de masses électriques positives et négatives, au moins pour un certain rapport des vitesses, par exemple (— 1). Seules les expériences sur le transport des ions donnent à penser que de tels effets inconnus sont très faibles ou nuls. En outre, les effets magnétiques eux-mêmes pourraient avoir des composantes radiales ou longitudinales qui disparaissent par compensation pour les courants ordinaires de conduction.

3. Pour répondre expérimentalement à de pareilles questions, il faudrait pouvoir produire des courants de convection pure, connus avec certitude, suffisamment intenses pour faire de bonnes mesures. C'est ce que nous ne savons pas faire, parce que pour le courant de convection nous n'avons pas la ressource du *multiplicateur de Nobili*; que nous ne pouvons charger d'*une manière connue* que des conducteurs, ce qui ne donne que des charges superficielles. En outre, la nécessité de protéger ces aiguilles aimantées contre les courants d'air entraînés par les disques tournants les éloigne de la nappe de courant. Enfin, les trépidations, même réduites, des moteurs rapides diminuent notablement la précision des lectures de déviation du système magnétique.

Digitized by Google

Pour toutes ces raisons — et quelques autres qu'il serait trop long de dire ici — l'expérience de mesure du champ magnétique produit par convection est une expérience difficile. La recherche d'effets nouveaux, non compris dans la formule dont on cherche à contrôler l'exactitude, paraît impossible encore aujourd'hui; de tels effets, s'ils existent, sont noyés dans de nombreuses influences perturbatrices dont on se préserve péniblement.

4. — Pour de telles mesures, ce n'est pas d'ingéniosité qu'il faut se piquer, mais de simplicité. C'est ce qu'a fait Rowland dans un mémoire justement célèbre. La partie mobile de l'appareil est un disque de « vulcanite » de 21 cm de diamètre, et de 0,15 cm d'épaisseur, doré sur ses deux faces, qui tourne autour d'un axe de laiton vertical. Deux disques de glace épaisse dorés sur leur face interne forment avec le disque mobile condensateur à air, de 0,6 cm d'épaisseur; ils sont en communication avec le sol, on peut charger le disque à $\pm 10^3$ v environ.

La vitesse de rotation est de 61 t : sec.

La rotation, *sans charge*, produit une déviation de $\pm$ 20 mm suivant son sens, — par suite du magnétisme de rotation de l'axe de laiton. Cette déviation n'est pas bien fixe, des variations lentes de 2 mm ou 3 mm au cours d'une expérience sans arrêt de rotation ne sont pas rares.

Quand on renverse le signe de la charge du disque tournant (sans le ralentir), la déviation change de 5 ou 6, quelquefois même de 8 mm.

Même résultat moyen quel que soit le sens de rotation du disque. Les lectures sont faites à 0,1 mm près. Il semble difficile d'attribuer à l'ensemble de ces lectures une précision relative supérieure à $\frac{1}{30}$; peut-être même est-elle beaucoup moindre; mais le sens et la grandeur, à $\frac{1}{20}$ près, par exemple, ne paraissent pas contestables.

Il y a accord avec la valeur théorique, calculée comme pour des courants de conduction de densité $j = \ldots$ *cu*, à $\frac{1}{30}$ près semble-t-il. Si l'on songe que la force magnétique obtenue est seulement $\frac{1}{50\,000}$ de la composante horizontale du magnétisme terrestre, le résultat paraîtra très satisfaisant.

Tels sont les résultats du mémoire de 1876, paru d'abord dans les « Sitzungsberichte » de l'Académie de Berlin, dans l'« American Journal of Science » 1898, et traduit dans nos « Annales de Chimie et Physique » 1877 [1].

5. Des essais infructueux avaient été tentés auparavant par d'autres, par Helmholtz, en particulier. Le travail de Rowland avait été exécuté matériellement au laboratoire d'Helmholtz, à Berlin; les auteurs en citant le résultat obtenu firent plus attention au grand nom d'Helmholtz, qu'aux paroles mêmes que celui-ci avait prononcées en présentant à l'Académie de Berlin le mémoire de Rowland [1].

Un peu agacé de voir toujours citer son expérience comme « expérience d'Helmholtz », Rowland réclamait dès 1879 Phil. Mag. [2] « la méthode dans tous ses détails, le travail au laboratoire, la méthode de calcul, en un mot tout ce qui concerne l'expérience, aussi complètement que si elle avait été exécutée dans mon propre laboratoire à 4000 milles du laboratoire de Berlin ».

La réclamation paraît d'autant plus justifiée que l'expérience est vraiment difficile. On en jugera par la difficulté de la répéter dès qu'on change si peu que ce soit les montages.

6. En 1889, Rowland publia en collaboration avec T. Hutchinson un second mémoire « on the electromagnetic effect of convection currents » [3], dont il faut lire le détail pour en apprécier la valeur [4]. Tout en restant simple, l'appareil est complètement changé de forme pour permettre des contrôles plus variés.

On peut considérer l'expérience comme une méthode de détermination du rapport des unités, c'est-à-dire de la vitesse de la lumière; c'est sous cette forme que Rowland donne la comparaison entre l'observation et la théorie. Sur 20 mesures, il obtient une valeur moyenne $3{,}9 \cdot 10^{10}$ C.G.S. [au lieu de $3 \cdot 10^{10}$] avec des extrêmes 2,96 et $3{,}78 \cdot 10^{10}$.

Malgré tous les soins, on voit que l'accord à $\frac{1}{15}$ près n'est obtenu que par une moyenne, et que les écarts d'une expérience isolée peuvent atteindre exceptionnellement $\frac{1}{3}$.

Des expériences ultérieures — certainement moins bonnes — de Hismtedt et de Röntgen, furent généralement regardées comme confirmant celle de Rowland. Seules elles n'auraient pas été jugées probantes du tout.

7. L'importance de la question décida en 1897 un expérimentateur extrêmement habile et ingénieux, M. V. Crémieu, à reprendre la question par une méthode un peu différente.

Au lieu de mesurer le champ magnétique par son action directe sur une aiguille aimantée, qui doit être très près des plateaux tournants, il chercha à le mesurer par son action inductrice sur un circuit *fixe*, ce qui permet d'utiliser un galvanomètre de mesure très sensible, éloigné des disques tournants.

(1) H.-A. Rowland. *Physical Papers* 1902, n° 12, p. 128-137.

(1) « Je ferai remarquer que Rowland avait fait le plan et les calculs complets de son expérience, avant de venir à Berlin, sans que j'y sois intervenu pour rien. »

(2) *Papers* n° 13.

(3) *Philosophical Magazine* 1889. *Papers*, n° 43, p. 251-265.

(4) Voir p. 260-263 les nombreuses difficultés surmontées.

Digitized by Google

On obtient un courant induit dans le circuit fixe en renversant le signe de la charge des plateaux tournants à l'aide d'un commutateur à rotation rapide, qui inverse en même temps les jonctions du circuit fixe avec le galvanomètre. C'est un organe délicat de plus.

L'inconvénient est surtout que l'on n'observe pas le champ magnétique constant, et qu'il est bien plus difficile de discuter ce qui se passe pendant ces alternatives fréquentes.

M. V. Crémieu espérait se mettre à l'abri des perturbations variées que produit, sur un système magnétique très mobile, le mouvement rapide du disque ; mais il en rencontra bien d'autres [1] ! Sa première conclusion fut :

« Un disque tournant dans des conditions telles qu'on est sûr qu'il entraîne avec lui toute charge électrique qu'on lui communique ne donne pas, quand on fait varier cette charge, les effets d'induction que donnerait un courant de conduction transportant des quantités d'électricité égales et soumis à des variations de même ordre. »

Reprenant alors l'action magnétique directe sur une aiguille aimantée, comme Rowland, M. Crémieu aboutit encore à un résultat négatif.

« Ce même disque tournant chargé d'une manière constante ne produit pas le champ magnétique d'un courant de conduction transportant la même quantité d'électricité. »

C'était la négation de l'action magnétique de la convection. Les professeurs de la Sorbonne, qui avaient suivi de près les expériences, les collègues de Laboratoire, les autres physiciens, qui sans les suivre au jour le jour avaient pu constater le résultat négatif, M. Potier, M. H. Poincaré, n'avaient pu découvrir ni faute technique de construction, ni faute théorique de principe dans le dispositif expérimental.

8. — Au point de vue théorique, le terme introduit par Maxwell, celui qui fait toute l'optique électromagnétique, et dont les expériences de Hertz établissent indiscutablement l'existence, a pour conséquence inévitable la production du champ magnétique par convection. Pouvait-on, au risque de compliquer les équations, échapper à cette difficulté théorique ? J'y ai, pour ma part, perdu bien du temps à cette époque, sans trouver moyen de concilier les deux résultats opposés, — et j'avais fini par aboutir à la conviction qu'il y avait quelque défaut technique caché dans les expériences de M. Crémieu.

D'autre part, les courants qui circulent dans les tubes de Plücker, de Crookes, etc., qui sont des courants de convection (on en était certain depuis les expériences de Perrin qui montrent la charge des rayons cathodiques), *subissent* énergiquement l'action du champ magnétique. Il semblait difficile de leur attribuer seulement cette propriété passive, sans la réciproque.

Enfin et surtout les expériences par la méthode de Crémieu étaient reprises en Amérique au Laboratoire de Rowland par M. Pender [1], et lui fournissaient un résultat positif. La valeur moyenne de la vitesse de la lumière déduite de 17 déterminations est $3{,}05.10^{10}$ C. G. S ; avec des extrêmes $2{,}75.10^{10}$ et $3{,}24.10^{10}$. C'est la précision sûre du dixième, meilleure que celle obtenue par Rowland pour l'action directe sur l'aimant.

La nuit, entre 1 h. 1/2 et 5 h. du matin, les conditions de stabilité du laboratoire étaient bonnes.

Les expériences furent reprises en 1902, avec quelques améliorations de montage, surtout dans les contacts des interrupteurs et les balais au moyen desquels les disques sont chargés ; les conditions générales de stabilité, à 12 miles de la ville de Baltimore, à 2 miles du tramway électrique le plus voisin étaient excellentes, ce qui permit d'employer un galvanomètre plus sensible, avec un zéro fixe. Sans charger à plus de 6000 v, à 100 t:sec et une dizaine de charges et décharges du disque, les lectures au galvanomètre atteignirent ou dépassèrent 100 mm. La concordance des valeurs de la vitesse de la lumière fut de beaucoup meilleure que l'année précédente : extrêmes $2{,}99\ 2.10^{10}$ et $3{,}08.10^{10}$ avec $3{,}0.10^{10}$ comme moyenne de onze mesures.

L'action magnétique du courant de convection est ainsi établie sûrement.

Comment sortir de cette contradiction ? Sur la proposition de M. Poincaré, M. Pender vint à Paris avec ses appareils, et les expériences furent reprises en commun avec M. Crémieu.

Les deux expérimentateurs étaient habiles, chacun d'eux constata l'exactitude des résultats obtenus par l'autre — et leur désaccord. En trouver la raison, ne fut pas une petite affaire [2]. Finalement, ils reconnurent que toute la difficulté provenait du vernis isolant dont M. Crémieu recouvrait les surfaces conductrices chargées, et de l'excessif rapprochement entre la surface du disque tournant, et les surfaces fixes formant la seconde armature conductrice. Ces dispositions, destinées à augmenter la densité superficielle sur le disque, et par conséquent le courant de convection, entraînaient des inconvénients multiples et tels que les effets demeuraient irréguliers — et paraissaient ne correspondre à rien de net — tant que l'effet dû au vernis isolant ne compensait pas exactement celui dû au conducteur sous-jacent.

Rien ne saurait mieux montrer que cet exemple la nécessité d'une discussion technique contradictoire très serrée, pour tous les phénomènes délicats et nouveaux. Même l'habileté et la conscience professionnelles reconnues de l'opérateur ne suffisent pas. Il est nécessaire que l'expérience réussisse partout, et que les précau-

(1) V. Crémieu. Recherches expérimentales sur l'électrodynamique des corps en mouvement. *Thèse* 1901.

(1) *John Hopkins University Circular*, 1901, n° 152. — *Philosophical Magazine*, 1901 (2), p. 179-208 et 1903 (1), p. 24-48. (Résumé, *Journal de Physique* 1903, p. 271.)

(2) Pour le détail, voir le mémoire publié en commun par MM. Pender et Crémieu : *Journal de Physique*, 1903, p. 641 à 666 — et, en anglais, *Philosophical Magazine*, 1903 (2), p. 143-164.

Digitized by Google

tions techniques nécessaires au succès se rattachent à des propriétés générales connues.

On pourrait songer à utiliser l'induction sous une autre forme beaucoup plus probante. En intercalant, près des plateaux tournants, une bobine étroite et longue (comme celle d'un galvanomètre Deprez ou mieux d'un oscillographe) et en la faisant tourner très vite autour d'un axe radial. On mesurerait un champ magnétique constant, comme avec une aiguille aimantée, en remédiant à l'étroitesse de la surface induite par la rapidité de la rotation. Enfin, on pourrait faire la mesure par une méthode de zéro téléphonique en compensant le courant induit par convection à l'aide d'un courant synchrone induit dans une autre bobine par un aimant étalonné.

10. — Les moyens mécaniques ne permettent donc qu'une vérification grossière de l'action magnétique des courants de convection; peut-on trouver d'autres modes de production de ceux-ci, plus favorables à l'expérience? Les rayons cathodiques, en particulier, qui transportent en ligne droite des charges négatives, exercent-ils une action magnétique mesurable?

Ici encore, on se heurte à des difficultés expérimentales considérables qui proviennent de la complexité des phénomènes électriques qui accompagnent la production des rayons cathodiques, et de l'ignorance où l'on est de l'importance des autres transports d'électricité, par convection ou conduction, dont les parois internes et le reste du gaz contenu dans l'ampoule sont le siège, ainsi que des courants de *variation du champ* (dits de déplacement) qui se produisent en outre quand le débit cathodique n'est pas uniforme.

Il est alors extrêmement difficile de juger la part que prennent ces courants mal connus à la production du champ magnétique extérieur. Aussi l'étude de ce champ magnétique, rendue assez difficile en outre par les actions électrostatiques parasites, paraît plutôt de nature à fournir des indications utiles sur la distribution des courants internes à l'ampoule, qu'à établir les lois d'action des courants de convection.

C'est à ce point de vue que s'était placé Hertz dans un mémoire de 1883, fort intéressant, alors qu'on ignorait encore la charge des rayons cathodiques. Dans la troisième partie de ce mémoire, Hertz cherche si les rayons cathodiques sont chargés; mais comme son cylindre de Faraday était extérieur au tube vide, il obtint des effets peu réguliers. C'est dans la deuxième partie de ce mémoire que Hertz a déterminé le champ magnétique tout près de la surface d'une grande cellule rectangulaire peu épaisse (12 cm × 12 cm × 1 cm) traversée par la décharge de 1 000 petits accumulateurs [1] sous quelques centièmes de millimètre de mercure. Le débit atteignait 5 à 10 milliampères et donnait jusqu'à 80 divisions de déviation lues au dixième de division. On montre facilement que les lignes d'égal potentiel magnétique sont aussi les lignes de flux (total, conduction + convection + etc.) de l'électricité. Hertz a conduit ses déterminations (50 à 60) de manière à pouvoir tracer et coter ces lignes de potentiel magnétique [2]. Il les a représentées pour trois positions différentes des électrodes dans la cellule, en marquant aussi la lueur positive et le jet cathodique. « Les figures montrent sans aucun doute, dit-il, que la direction des rayons cathodiques ne coïncide pas avec la direction du courant. » Le courant va d'un pôle à l'autre, en gros; le faisceau cathodique passe à travers les lignes de potentiel; il y a des régions où le faisceau cathodique est très brillant, et le courant négligeable.

Les conclusions générales du mémoire — conclusions que nous savons actuellement être fausses, malgré toute l'habileté de Hertz — sont intéressantes à transcrire.

« Les rayons cathodiques sont seulement un phénomène qui accompagne la décharge, mais qui n'a rien à faire avec la direction du courant.

« Les propriétés électrostatiques et électromagnétiques des rayons cathodiques sont ou nulles ou très faibles. »

11. — D'où viennent ces conclusions fausses? Surtout de ce que les phénomènes électriques dans le tube vide sont très complexes, et que, au dehors, on ne les sépare pas. C'est en mettant le cylindre de Faraday dans le tube même que Perrin a réussi à n'y faire entrer que les rayons cathodiques. Pour l'expérience électromagnétique, il semble bien que le débit, au degré de vide employé, n'ait pas été dû exclusivement, ni même principalement, aux rayons cathodiques; c'est en variant le degré de vide ou en déviant les rayons cathodiques qu'on aurait pu reconnaître la part qui leur revient. Si nombreuses qu'aient été les mesures de Hertz, elles n'étaient certainement pas assez serrées au voisinage du faisceau cathodique; s'il les avait serrées davantage, il n'aurait probablement pas pu tracer les jolies courbes bien arrondies de ses dessins (sur lesquels ne figure aucun point d'observation).

En outre, la lecture montre qu'il a travaillé avec une préférence marquée pour l'opinion que soutenaient alors E. Wiedemann et E. Goldstein, qui regardaient les rayons cathodiques comme un pur trouble de l'éther.

12. — Dans une expérience préalable, Hertz avait cherché si les rayons cathodiques exercent une action sur l'aimant, *qui ne soit pas électromagnétique!* Pour cela il mettait au même bout du tube et concentriquement la cathode et l'anode; les rayons cathodiques se développaient très bien, sans exercer d'action magnétique, bien que le courant total fût de 5 et même 10 milliampères. C'est cette expérience seule que l'on cite d'ordinaire, en oubliant sa contre-partie, qui suit immédiatement : en

[1] Batterie Planté, construite entièrement par Hertz lui-même; il avait alors vingt-six ans.

[2] Il semble que le tube fut séparé de la trompe à mercure; il devait donc durcir au cours des mesures et changer d'aspect, ce qui rendrait bien douteuse la forme des courbes de courant obtenues.

Digitized by Google

utilisant une seconde anode placée à l'autre bout du tube, la déviation atteignait 40 divisions.

Ces expériences me paraissent d'un haut intérêt ; elles montrent clairement que le débit des rayons cathodiques peut être une très petite fraction du courant total, dans le tube à rayons X ; et qu'on ne sait pas du tout quelle relation il y a entre les deux.

Ces expériences ont été reprises, il y a quelques années, par un physicien russe, M. Joffé [1], dans des conditions qui semblent correctes. Les rayons cathodiques sont produits dans un tube assez long ; à l'une des extrémités se trouve la cathode, un peu plus loin l'anode, percée d'un trou central, que traversent les rayons cathodiques ; après un long parcours ceux-ci vont tomber dans un cylindre de Faraday relié à l'anode par un galvanomètre sensible ; le débit ainsi mesuré est bien celui du courant de convection de rayons cathodiques seuls.

La partie du tube que parcourent les rayons cathodiques pénètre dans une boîte de tôle épaisse, à l'intérieur de laquelle est le système magnétique influencé. Toute la partie du tube qui contient l'anode et la cathode est en dehors ; le système magnétique est bien protégé contre tout ce qui n'est pas dû aux rayons cathodiques, ou du moins à la partie du tube où ils semblent seuls pénétrer.

Sans insister sur les autres précautions nécessaires, rappelons seulement qu'on observe des déviations permanentes, et qu'on les compare à celles produites par un courant de conduction dans la même position relative. Le débit a varié de 0,024 à 0,080 milliampère, les déviations de 10 à 48 mm avec une incertitude prévue de 2 à 3 mm. Il y a eu accord à 5 pour 100 près en moyenne, c'est-à-dire au degré de précision des mesures entre l'action du circuit métallique et celle des rayons cathodiques portant le même courant.

C'est en somme la même précision très limitée que dans l'expérience de Rowland, mais avec des difficultés et incertitudes d'une tout autre nature.

L'accord de ces résultats doit nous suffire.

13. — Résumons-nous : la production d'un champ magnétique par le mouvement d'une charge électrique positive ou négative a été établie expérimentalement par Rowland, et confirmée par Pender. Avec les charges et les vitesses qu'on peut atteindre, l'effet obtenu reste petit, et les trépidations et autres influences gênantes dues à la rapidité du mouvement rendent les mesures peu précises. Il ne semble pas qu'on puisse atteindre actuellement la précision du centième ; les expériences ont donc plutôt un caractère qualitatif que quantitatif. Ce n'est donc pas aux expériences que l'on doit rattacher les lois précises admises pour ce phénomène, mais bien aux équations du champ électromagnétique. *Toute modification aux équations de Maxwell — même profonde du point de vue théorique — qui n'altérerait pas d'un centième le champ magnétique produit par des charges mobiles d'un seul signe à moins de 100 m : sec, doit être regardée comme compatible avec l'expérience de Rowland.*

Mais, bien entendu, il faut conserver en toute rigueur disons au millionième environ, les lois du champ électromagnétique dû au mouvement en sens inverses de *quantités égales* d'électricité des deux signes, qui laissent à l'état neutre chaque élément de volume pas trop petit — les vitesses de l'un des groupes pouvant être très petites ou même nulles — quelque grande que soit l'intensité totale, mais les vitesses restant beaucoup plus petites que celle de la lumière. Car ce sont les conditions qui paraissent correspondre à la conductibilité métallique.

Marcel BRILLOUIN,
Professeur au Collège de France.

Revues, analyses et informations

La photométrie des lampes à atmosphère gazeuze [2].

Pour résoudre le problème de la photométrie des lampes à incandescence à atmosphère gazeuse, il convient d'analyser au préalable toutes les particularités qu'elles présentent. Considérons, par exemple, deux lampes à filament de tungstène à azote, de 750 et 1 000 w, dont on veut déterminer l'intensité moyenne horizontale par la méthode de la rotation ; une expérience grossière montre de suite que toute variation de vitesse est accompagnée de variations de l'intensité lumineuse et du courant, en sens inverses ; le pourcentage de la première variation est toujours de beaucoup supérieur au pourcentage de la seconde. Si les lampes au lieu d'être droites, sont renversées, les variations ci-dessus sont réduites de moitié. D'autre part, à tension égale, les caractéristiques changent suivant que la lampe est au repos, ou en rotation. Pour débrouiller toutes ces anomalies, MM. Middlekauff et Skogland ont réalisé une série d'expériences que nous résumerons brièvement ; puis, ils ont déduit de leurs observations des méthodes précises qui permettent d'obtenir des résultats cohérents et toujours reproductibles dans la photométrie des lampes à gaz.

I. EXPÉRIENCES PRÉLIMINAIRES. — 1° *Variations du courant en fonction de la tension, à vitesse constante.* — Les essais ont porté sur deux lampes cataloguées, l'une A 1 000 w-116 v, l'autre B 750 w-116 v ; la vitesse de rotation était de 150 t:m. Si l'on porte en abscisses les tensions, et en ordonnées les valeurs du courant en pour 100

[1] *Ann. de Physik*, 1911, t. 34.

[2] G.-W. MIDDLEKAUFF et J.-F. SKOGLAND, *Scientific Paper of the Bureau of Standards*, 16 mars 1916, n° 264, p. 587-604. On trouvera des renseignements sur les lampes au tungstène à azote dans *La Revue électrique*, 1914, t. XXI, p. 93-98 ; 1916, t. XXV, p. 111-112.

Digitized by Google

du courant correspondant au repos (fig. 1), on trouve que, pour les deux lampes A et B, droites, les points obtenus se répartissent sur une même courbe ; il en est de même si les lampes sont renversées, mais ici les variations atteignent à peine la moitié des précédentes. On a construit séparément la courbe de A pour 150 t:m relative à ce dernier cas. On remarque alors que les courbes A + B et A ont la même forme, et qu'elles tendent asymptotiquement vers une droite parallèle à l'axe des volts pour des

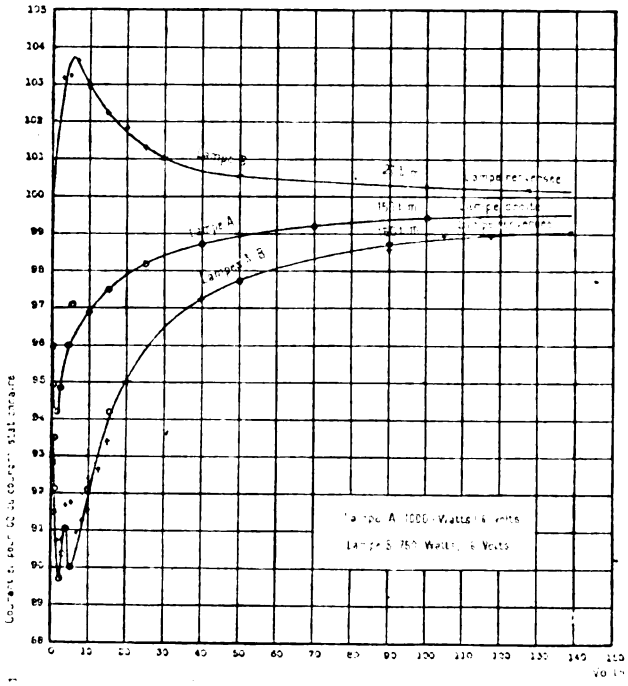


Fig. 1. — Rapports des courants dans les lampes en rotation, à vitesse constante, aux courants dans les lampes au repos.

valeurs du courant qui sont respectivement de 1 et 0,5 pour 100 inférieures à celles correspondant au repos : ou autrement dit, à la vitesse de 150 t:m, le courant de la lampe en rotation tend vers une valeur limite telle que l'on peut pratiquement considérer le rapport des deux intensités comme constant.

2. *Variations du courant en fonction de la vitesse, à tension constante.* — Il résulte des essais faits sur la lampe 1000 w renversée pour des vitesses comprises entre 5 et 200 t:m, à des tensions échelonnées entre 0,5 et 100 v, que le courant croit d'abord avec la vitesse depuis la valeur stationnaire qu'il a pour la vitesse nulle, passe par un maximum, repasse par la valeur stationnaire, puis continue à décroître à mesure que la vitesse augmente. Pour contrôler le changement de signe de la variation du courant, on a répété les essais 1 sur la lampe de 750 w renversée tournant à la vitesse constante de 91 t:m. La courbe correspondante est la courbe B de la figure 1 ; les autres sont représentées sur la figure 2. Il y a aussi un maximum, comme ci-dessus ; mais la courbe reste tout entière au-dessus de l'ordonnée 100 ; à cette vitesse le courant est donc plus grand que le courant stationnaire. En étendant ces essais à tous les modèles de lampes dont ils disposaient, les auteurs sont arrivés à cette conclusion : qu'il est possible de trouver pour chaque lampe une vitesse de rotation particulière pour laquelle le courant reprend sa valeur stationnaire. Cette vitesse critique reste toujours dans des limites pratiques.

3. *Variation de la tension en fonction de la vitesse, à courant constant.* — L'influence de la rotation sur la tension a été étudiée sur plusieurs lampes de 750 w, renversées, avec un courant de 6,6 A et des vitesses variables dans de larges limites à partir de 5 t:m. Pour toutes les lampes, à un accroissement de vitesse à partir de zéro, correspond d'abord une diminution de la tension jusqu'à un minimum,

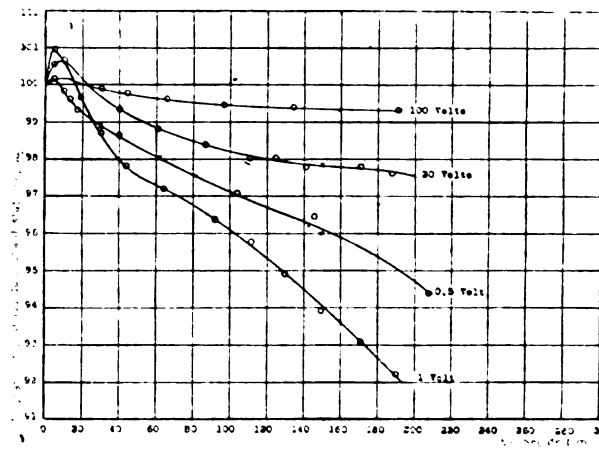


Fig. 2. — Rapports des courants dans les lampes en rotation, à vitesse variable, aux courants dans les lampes au repos, à tension constante

puis un retour à la valeur stationnaire et au delà, à mesure que la vitesse continue à croître ; en d'autres termes, l'effet de la rotation sur la tension à courant constant est de sens opposé à l'effet sur le courant à tension constante, pour une même lampe. Puisque la grandeur variable (tension ou courant) revient, dans tous les cas, à sa valeur stationnaire, il est évident que la vitesse à laquelle cette reprise a lieu et, par conséquent, à laquelle la puissance absorbée est la même qu'à l'état stationnaire, peut être déterminée en maintenant constant la tension ou le courant, et en contrôlant alors les variations de l'autre grandeur quand la vitesse croit à partir de zéro. Il est plus commode de considérer la tension comme invariable.

4. *Variations de l'intensité lumineuse en fonction de la vitesse, à tension constante.* — L'expérience suivante fait ressortir d'une façon saisissante l'influence de la rotation sur l'intensité lumineuse : on règle la tension pour que le filament au repos soit juste visible dans une chambre obscure. On communique à la lampe une vitesse d'environ 180 t:m et on constate que, malgré la diminution du courant, l'intensité lumineuse augmente considérablement et que l'effet est plus marqué sur la lampe droite que sur la lampe renversée. Quelle que soit la position de la lampe, qu'elle soit au repos ou en mouvement, ce sont toujours les spires supérieures qui sont les plus brillantes.

Comme nous venons de le constater dans le précédent paragraphe, il y a une vitesse à laquelle la puissance consommée est la même qu'au repos ; il est donc probable que, pour cette même vitesse, l'intensité lumineuse doit revenir à sa valeur correspondant à l'état de repos. Les résultats des essais entrepris pour vérifier ces prévisions sont résumés dans les courbes de la figure 3, où les ordonnées représentent les valeurs du courant et de l'intensité lumineuse en pour 100 des valeurs stationnaires de la lampe renversée.

Digitized by Google

On a photométré la lampe au repos dans 18 azimuths autour de l'axe; d'autre part les mesures de courant et d'intensité lumineuse sur la lampe en rotation et renversée ont été répétées à plusieurs jours d'intervalles; les résultats afférents à ces deux séries sont indiqués sur les courbes, par des croix et des cercles. Leur concordance prouve que

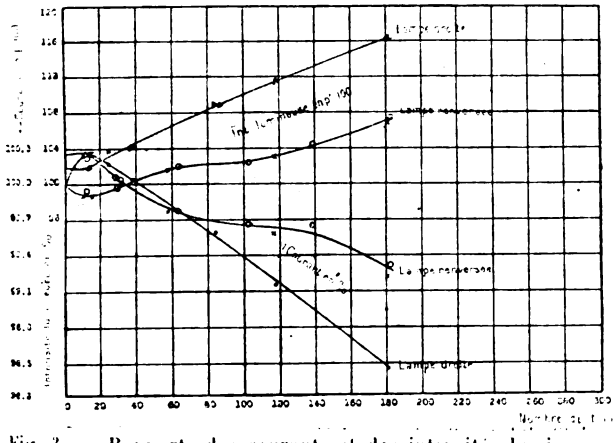


Fig. 3. — Rapports des courants et des intensités lumineuses dans les lampes en rotation, droites et renversées, aux mêmes grandeurs dans les lampes au repos, renversées.

les valeurs du courant et de l'intensité lumineuse peuvent être reproduites avec un haut degré de précision.

L'auteur résume alors de la manière suivante la loi des variations à tension constante :

1° La lampe étant au repos, le courant et l'intensité lumineuse ont des valeurs plus élevées dans la lampe droite que dans la lampe renversée.

2° La rotation de la lampe provoque des variations en sens contraires de ces deux grandeurs.

3° Quand la vitesse de rotation croît à partir de zéro, le courant croît d'abord, passe par un maximum, revient à sa valeur stationnaire et finalement tombe bien au-dessous de celle-ci à mesure que la vitesse augmente.

4° Pour chaque position de la lampe (droite ou renversée), il existe une vitesse critique qui redonne au courant et à l'intensité lumineuse leurs valeurs stationnaires; cette vitesse critique est pratiquement la même pour toutes les lampes dont les filaments ont le même nombre de spires, mais elle est d'autant plus élevée qu'il y a moins de spires.

II. Méthodes photométriques. — 1. *Méthode par rotation de la lampe.* — La tension étant maintenue constante, on fait tourner la lampe à la vitesse pour laquelle le courant prend sa valeur stationnaire; on peut alors mesurer avec précision l'intensité moyenne horizontale, et attribuer à la lampe le coefficient économique qu'elle aurait si on opérait au repos, à la même tension. Par un heureux hasard, les lampes à gaz, qui fonctionnent le plus souvent renversées, exigent une plus grande vitesse pour remplir cette condition, ce qui a des avantages en pratique.

Malgré les restrictions indiquées plus loin, la méthode permet d'établir les caractéristiques tension, courant, intensité lumineuse des lampes à gaz en se servant d'un banc photométrique ordinaire. Connaissant le facteur de réduction sphérique, on déduit la consommation spécifique de la lampe à une tension donnée.

Toutes les lampes de même série, c'est-à-dire caractérisées par un montage identique du filament, ont le même facteur de réduction sphérique et aussi sensiblement la même vitesse critique. Comme la fabrication de ces nouveaux luminaires est encore dans une période transitoire, les types sont assez nombreux, et il faut, pour chacun d'eux, déterminer ces deux facteurs.

2° *Méthode du photomètre sphérique.* — Dans les essais de durée des lampes à vide, on constate que le noircissement de l'ampoule est réparti dans toutes les directions à peu près comme la distribution de la lumière; par conséquent, la perte de lumière durant la vie utile se déduira de la diminution de l'intensité moyenne horizontale. Mais dans les lampes à gaz, le noircissement est localisé au sommet de l'ampoule par les particules volatilisées entraînées par le gaz; l'affaiblissement ne peut donc plus être déterminé par la mesure de l'intensité moyenne horizontale, mais de l'intensité moyenne sphérique, à l'aide d'un photomètre intégrant, tel que la sphère intégrante d'Ulbricht, qui est l'appareil le plus approprié, parce qu'il permet d'opérer sur la lampe au repos.

Au point de vue de la détermination des caractéristiques, il n'y a pas lieu de préférer cette dernière méthode à la méthode de rotation; le photomètre sphérique a même cet inconvénient que, si son revêtement intérieur n'est pas rigoureusement non sélectif, les intensités lumineuses, mesurées à différentes tensions, seront plus ou moins affectées d'erreurs suivant le pouvoir absorbant de ce revêtement pour les différentes colorations.

III. — Cause probable des variations observées. — Quelques expériences appropriées ont permis à l'auteur de conclure que la diminution du courant ne peut être imputée ni à un accroissement de la ventilation de l'ampoule sous l'effet de la rotation, ni à une force contre-électromotrice éveillée par le champ magnétique terrestre, ni à une distorsion du filament. Une contre-épreuve sur des lampes à vide a révélé que le véritable élément perturbateur est le gaz lui-même, qui donne naissance à des courants de convection dans l'ampoule par suite de la différence considérable entre les températures du gaz au sommet et au bas de l'ampoule au repos; une faible vitesse de rotation active la circulation du gaz et refroidit le filament; la résistance diminue, le courant augmente, mais l'intensité lumineuse s'abaisse puisque la température du filament s'abaisse aussi. Quand la tension appliquée est plus élevée, la température du filament est plus élevée aussi; l'effet de la rotation est moins sensible. Aux grandes vitesses, les gaz froids sont rejetés vers les parois par la force centrifuge, tandis que les gaz chauds restent au centre; le refroidissement est moins sensible; donc, dans son ensemble, la résistance est plus élevée, le courant diminue, mais l'intensité lumineuse est accrue par suite de l'élévation de température du filament. Aux hautes tensions, pour les mêmes raisons que celles développées plus haut, la variation du courant est moins sensible qu'aux basses tensions.

B. K.

Étude des lois reliant la pression d'ionisation au courant dans l'effet de couronne obtenu sous des potentiels constants [1].

On désigne sous le nom de couronnes les lueurs qui entourent les conducteurs d'électricité lorsqu'il existe des différences de potentiel élevées entre ces conducteurs et les corps

[1] Earle H. Warner, *Physical Review*, septembre 1916, t. VIII[e] 2[e] série, p. 285-293, 2250 mots, 10 fig.

Digitized by Google

environnants. Une étude attentive du phénomène des couronnes est nécessaire : 1° pour déterminer les facteurs qui influent sur la perte de puissance due aux couronnes, perte dont on ne peut nier l'importance pour les longues lignes de transmission ; 2° pour déterminer des données sur lesquelles on pourra baser une théorie mathématique rigoureuse des effets observés.

Les facteurs dont dépend le phénomène des couronnes sont suffisamment connus par les études expérimentales de Peek, Whitehead, Ryan, etc. Des essais de théorie ont été entrepris par Bergen Davis [1] et Townsend [2]. Ces deux auteurs attribuent les couronnes à un processus d'ionisation. Ils admettent qu'une différence de potentiel suffisamment élevée peut entraîner les quelques ions qui sont toujours présents dans un gaz avec une vitesse suffisante pour briser en deux tronçons, l'un positif et l'autre négatif, les molécules qu'ils rencontrent. Les particules électrisées ainsi produites se meuvent sous l'influence du champ dans un sens ou dans l'autre. La présence de ces ions explique la conductibilité du gaz et leur accélération rend compte de l'effet lumineux.

Si les couronnes sont dues à un processus d'ionisation, il faut s'attendre, dans le cas où les couronnes prendront naissance dans un récipient clos, à un accroissement de la pression au moment de leur apparition, c'est-à-dire au moment où les molécules sont brisées en ions ; d'après la théorie cinétique, on sait, en effet, que la pression augmente avec le nombre des particules contenues dans un volume déterminé.

Cet accroissement de pression, observé tout d'abord par Farwell [3], peut s'élever jusqu'à 3 cm de mercure. On ne peut l'attribuer à l'effet calorifique du courant, car il apparaît très brusquement, et si le courant est interrompu en quelques secondes, la pression reprend aussitôt sa valeur initiale. L'effet calorifique du courant ne devient décelable qu'au bout de plusieurs secondes, et, lorsque le courant est interrompu, la pression ne reprend sa valeur initiale qu'au bout d'un temps suffisant pour permettre au gaz de se refroidir.

Si l'on désigne par v_0 le volume du gaz, par e le voltage, Kunz [4] a établi que l'accroissement $p_1 - p_0$ de pression dû

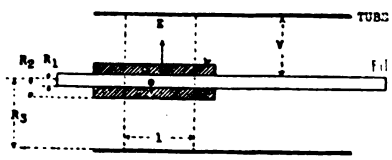


Fig. 1.

à l'ionisation est proportionnel à l'intensité i du courant de perte déterminé par les couronnes, et satisfait à la relation

$$(1) \qquad i = \frac{v_0}{e}(p_1 - p_0) + C^{te}.$$

L'auteur s'est proposé de vérifier cette relation, pour

[1] *Proc.* A. I. E. E., janvier 1911.
[2] *Phil. Mag.*, mai 1914.
[3] *Proc.* A. I. E. E., novembre 1914.
[4] *Physical Review*, 2e série, juillet 1916, t. VIII, p. 98-37 ; voir *La Revue électrique* du 20 octobre 1916, p. 239.

différents gaz, dans le cas où les couronnes s'établissent entre un fil et un cylindre coaxial, le fil étant positif et le cylindre mis au sol. Dans le récipient on a mis successivement de l'air sec, de l'hydrogène, de l'azote, du gaz carbonique, de l'oxygène et de l'ammoniaque, tous ces gaz étant parfaitement purs et secs (fig. 1).

Les courbes représentées sur la figure 2 résument les résultats expérimentaux qui sont en accord avec la théorie de Kunz. On peut conclure que, pour les gaz étudiés et dans

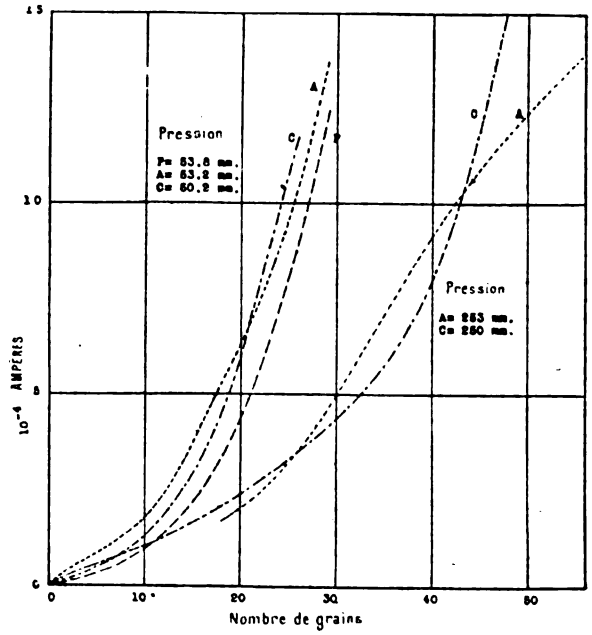


Fig. 2.

le cas d'un conducteur positif, *la pression d'ionisation est exactement proportionnelle au courant coronal.*

Dans le cas de l'oxygène la décharge détermine la formation d'une quantité notable d'ozone. La courbe relative à ce gaz donne la résultante de deux effets : 1° une diminution de pression due à la formation d'ozone ; 2° un accroissement de pression produit par l'ionisation de l'oxygène. La courbe d'ionisation étant une ligne droite dans les cas où il n'y a probablement aucune action chimique, et la courbe résultante de l'oxygène étant également une ligne droite, on peut en conclure que, *lorsqu'une modification chimique se produit sous l'influence des couronnes, l'intensité du phénomène chimique est proportionnelle au courant.*

Dans le cas d'un fil négatif, par suite des grains lumineux qui apparaissent sur le fil et qui déterminent un accroissement de pression variable avec leur position, elle-même instable, la vérification précise de la relation (1) devient impossible. On peut constater néanmoins que cette relation est approximativement exacte.

Pour l'azote, l'accroissement de pression, qui dénote une ionisation, constitue l'un des rares cas où l'azote soit fortement ionisé à des températures basses et soit sans doute aussi chimiquement actif.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

L'organisation industrielle

Dans cet article sont développées des considérations générales sur l'organisation, que l'on peut définir l'art de réunir, choisir et employer les éléments dont on dispose; pour cela, il ne suffit pas de collationner des fiches, tableaux, graphiques, etc., mais il faut s'inspirer surtout d'idées directrices adaptées à chaque cas particulier et conformes à l'évolution rapide de l'industrie moderne. L'auteur, dans une prochaine communication, montrera comment ces principes généraux peuvent s'appliquer à une grande entreprise métallurgique.

Tout le monde parle aujourd'hui d'organisation. Organisation, taylorisation. Les Allemands ont le secret de l'organisation. Il faut nous organiser. Il faut ci, il faut ça. Si telle chose ne va pas, c'est que nous ne sommes pas organisés, etc., etc. Bref, l'organisation devient, pour une foule de gens, une sorte de panacée universelle.

En général, d'ailleurs, ils ont raison car c'est l'organisation qui pèche surtout chez nous.

Seulement, si beaucoup de conseilleurs sont là pour nous répéter sur tous les tons qu'il faut nous *organiser*, si ce thème fournit une abondante copie à de nombreux journalistes, par contre, la situation change lorsqu'on vient dire à tous ces apôtres : « Très bien, d'accord. Il faut nous organiser. Dites-nous seulement comment faire. »

Alors l'unanimité qui existait dans la critique disparait.

Pour les uns, l'organisation est quelque chose de mystérieux, une sorte de « Sésame, ouvre-toi », une formule magique qu'il suffit de prononcer n'importe où, n'importe quand, et d'appliquer à n'importe quoi, pour obtenir immédiatement des résultats extraordinaires.

D'autres voient le salut en ce qui concerne l'industrie dans l'application du « système Taylor », ou dans l'emploi d'une formule de salaires qui, du jour au lendemain, changera la mentalité des ouvriers, etc., etc.

Bien entendu, je reste ici sur le terrain industriel. C'est dire que je laisse de côté ceux qui veulent voir les choses de haut et, se plaçant pour ainsi dire dans les nuages, voient dans l'organisation l'intervention de l'État dans toutes les branches de l'activité humaine et sa substitution complète à l'initiative privée.

En réalité, ces diverses opinions dérivent toutes de la vieille conception messianique, d'après laquelle, du jour au lendemain, les méchants deviendront bons, le mal sera transformé en bien, instantanément, sans fatigue et sans peine.

La réalité est bien différente, mais, avant de la montrer, il nous faut bien définir d'abord ce dont il est question lorsqu'on parle d'organisation bien que toute définition soit périlleuse.

Qu'est-ce qu'*organiser?*

On peut dire que c'est combiner les éléments dont on dispose, en vue d'atteindre un résultat déterminé. (Implicitement, c'est dire qu'il faut les combiner *le mieux possible*.)

Ainsi entendue, l'organisation comporte trois catégories d'opérations : d'abord, réunion des éléments d'action, puis leur combinaison convenable et enfin leur utilisation.

Autrement dit, il faut *réunir, choisir et employer*.

La réunion de ces éléments peut être une opération quasi machinale : par exemple, dans une entreprise industrielle comportant des ventes par l'intermédiaire d'agences, le groupement des résultats des ventes dans des graphiques par agent, par région, par nature de vente, par saison.

Par contre, l'utilisation de ces graphiques, pour déterminer les causes des variations dans la vente et les mesures nécessaires pour y remédier, exige du jugement, lequel ne pourrait rien faire si sa mise en jeu n'était rendue possible par le travail machinal de l'établissement des graphiques. Inversement, les graphiques tout seuls, si complets, si bien établis qu'on les suppose, ne peuvent rien faire par eux-mêmes : il faut qu'ils soient utilisés par le jugement du chef (ou d'un agent supérieur).

Réunion des éléments (besogne machinale), choix et utilisation de ces éléments (travail de jugement et d'appréciation) constituent donc une sorte de cycle fermé, une combinaison dont les deux parties sont également indispensables.

Si, pour utiliser les renseignements fournis par un mécanisme déjà créé, en fonctionnement, il faut du jugement, combien n'en faut-il pas plus pour créer de toutes pièces un tel mécanisme et encore plus pour modifier le mécanisme d'une entreprise existante.

C'est pour n'avoir pas compris cette nécessité absolue que de nombreuses erreurs ont été, sont commises et le seront encore toutes les fois qu'on se figurera qu'il suffit de prendre tel quel un mécanisme d'organisation, adapté à une entreprise et de l'appliquer à une autre entreprise, pour en obtenir nécessairement de bons résultats.

Digitized by Google

Ce qui importe en réalité, ce n'est pas tant ce qu'on voit dans le mécanisme de l'organisation (fiches, tableaux, graphiques, etc. , que ce qu'on ne voit pas, idées *directrices* qui, elles, déterminent l'action.

Il importe assez peu qu'on se trompe dans le détail, si la direction est bonne, mais la perfection des détails ne signifie rien, si la direction est mauvaise.

Quelles sont donc ces idées?

Je les ai étudiées récemment, dans une communication de la Société des Ingénieurs civils (séance du 26 mai 1916 , les « Directives de l'Organisation industrielle moderne ».

Je me bornerai donc ici à rappeler sommairement que ce qui caractérise l'industrie moderne, c'est, tout d'abord, la notion essentielle de l'*évolution* rapide dans les produits, les procédés et l'outillage de fabrication.

Cette évolution a été par exemple particulièrement rapide en électricité : en quelques années on est passé des génératrices de marche lente de quelques milliers de chevaux aux turbo-générateurs à grande vitesse angulaire de 50 000 ch et plus, tandis que les lampes à filament métallique remplaçaient les lampes à filament de carbone d'abord, puis se substituaient aux lampes à arc dans nombre de cas.

En ce qui concerne la fabrication même, l'introduction des outils à coupe rapide, l'extension de l'emploi du meulage, du fraisage, etc., ont transformé les conditions antérieures.

Les conditions commerciales et financières ont subi une évolution au moins aussi accentuée, le constructeur, le commerçant, le banquier isolé se trouvant placés dans des conditions sans cesse plus défavorables en présence des unions ou groupements.

Mais, pour nous limiter au point de vue technique, ces transformations, qui continuent sans cesse, ne peuvent s'effectuer qu'en mettant en action un grand nombre d'individus, de plus en plus spécialisés, pourvus de moyens d'actions de plus en plus puissants, et dont la coordination des efforts, de plus en plus nécessaire, devient de plus en plus difficile à assurer.

C'est à cette nécessité de plus en plus impérieuse que les anciens mécanismes de liaison, de coordination des éléments en présence, ne suffisent plus.

Alors qu'autrefois, dans les entreprises qui s'étaient développées lentement, et dont l'envergure restait restreinte, le fondateur ou le chef avait le temps de former progressivement à ses idées, à ses méthodes, le personnel de son entreprise (ou du moins les éléments principaux de son personnel), cette formation lente, par tache d'huile en quelque sorte, n'est plus possible aujourd'hui, étant données, d'une part, la rapidité du développement des entreprises, et, d'autre part, la multiplicité croissante de leurs organes.

Là où l'on a voulu conserver les anciens errements, le chef s'est trouvé débordé, et le développement de l'entreprise a été arrêté.

Dès lors, à cette action directe, cette liaison personnelle du chef et des agents de l'entreprise, il a fallu substituer des procédés différents, un mécanisme amplificateur de l'action du chef, lui permettant de se tenir constamment au courant de tout ce qui se passe dans son entreprise et d'en modifier la marche au besoin , sans cependant être jamais débordé, quelle que soit l'extension de celle-ci, quel que soit le nombre des éléments qu'elle comporte.

Nécessairement ce mécanisme et ces procédés doivent tenir compte des circonstances spéciales à l'entreprise à gérer, et des conditions particulières de son évolution, ainsi que des moyens matériels et du personnel dont elle dispose, car aucune action, en définitive, ne se fait que par l'intermédiaire d'agents, lesquels, comme tous les hommes, ont leurs qualités et leurs défauts.

C'est dire que le mécanisme de l'organisation devra être établi spécialement pour chaque entreprise bien que la manifestation tangible, matérielle, de ce mécanisme (états, fiches, graphiques, chronométrages, etc., puisse paraître semblable pour diverses entreprises.

Suivant le niveau intellectuel ou plus exactement suivant l'étude plus ou moins approfondie de la question faite par ceux qui parlent d'organisation, leur attention s'arrête plus ou moins loin.

Pour les observateurs superficiels qui s'en tiennent à ce qu'ils voient, l'organisation se résume dans les fiches, les casiers, les meubles à fiches, les classeurs, le classement vertical alors, l'organisation serait très simple : il suffirait d'acheter tout le matériel nécessaire pour avoir instantanément une organisation parfaite .

D'autres vont plus loin, et conçoivent que des méthodes de travail nouvelles, que des modes de rémunération du travail meilleur puissent améliorer la situation actuelle.

Mais, trop souvent, alors que, à juste titre, on consacrera beaucoup de travail et des sommes importantes à la création et au perfectionnement d'appareils ou de procédés ne portant que sur un point particulier, on négligera complètement l'organisation qui, en utilisant les mêmes éléments, le même matériel, le même personnel, permet de produire mieux, davantage, à meilleur compte.

Dans l'ensemble, pour peu qu'on consacre à l'étude de ces questions si complexes d'organisation autre chose qu'une attention superficielle ou passagère, il est attristant de voir combien leur importance est encore méconnue, même par les industriels qui auraient le plus grand intérêt à les étudier à fond.

Alors que ces industriels conçoivent et admettent parfaitement, pour les procédés et les appareils, la loi universelle de l'évolution, leur esprit ne semble pas pouvoir concevoir que cette évolution s'effectue également en ce qui concerne la partie non visible des entreprises industrielles et de toute entreprise humaine en général .

Aucun d'entre eux, fût-il le plus arriéré, n'oserait par exemple concevoir la possibilité de fabriquer les appareils électriques, les machines à vapeur d'il y a vingt ou trente ans.

Par contre beaucoup, et non des moindres, trouvent

Digitized by Google

tout naturel de garder, dans leurs entreprises, un mécanisme d'organisation et des idées directrices qui remontent parfois à plusieurs générations.

Il serait bien préférable, dans nombre de cas, de garder l'ancien matériel de fabrication, et d'améliorer l'organisation, que de faire l'inverse, comme très souvent.

Toutes ces idées bien simples ne sont pas neuves. Pourtant, elles ne sont pas encore bien comprises chez nous, non pas parce que nous en sommes incapables, mais simplement parce que l'attention n'a pas été attirée suffisamment sur elles.

C'est ce que je me propose de faire sans pouvoir prétendre à une grande précision, d'abord parce que l'organisation est en somme une *science nouvelle*, puis, parce que les idées directrices, peu nombreuses, sont forcément très générales.

Les modalités d'application sont en effet susceptibles de tant de différences, suivant les cas particuliers, qu'à vouloir donner trop de directives générales ou des directives trop précises, on risque de tomber dans la contradiction.

Car c'est là une des difficultés de l'organisation. L'appréciation des conditions particulières et surtout du facteur humain est une affaire d'expérience personnelle, de jugement, bien plus que l'application d'une règle de trois.

En ce qui concerne l'évaluation précise des facteurs qui interviennent dans le résultat, ainsi que la détermination des méthodes et des procédés à appliquer, il faut y voir, en réalité, de l'*invention méthodique*.

C'est là ce qui rend l'étude de l'organisation si difficile et fait qu'elle est restée jusqu'à présent un art, plutôt qu'une science.

Peut-être n'est-il pas inutile d'ajouter qu'il ne s'agira nullement dans l'étude que je me propose de publier ici de considérations théoriques, car j'applique actuellement ces idées : le chef d'une grande entreprise métallurgique, qui étudie ces questions d'organisation depuis longtemps, a bien voulu en effet me confier cette mission dans ses établissements.

PAUL LECLER.

La porcelaine électrotechnique

Des diverses opérations de la fabrication des pièces de porcelaine, trois ont été étudiées dans un précédent numéro : la préparation de la pâte, la préparation de l'émail et le façonnage des pièces (1). Dans celui-ci sont décrites les deux opérations suivantes : l'émaillage et la cuisson.

II. FABRICATION *suite*.

4° Émaillage. — Une fois les pièces établies mécaniquement, elles doivent être recouvertes d'une couche d'émail avant de passer au four, mais dans la plupart des cas il n'est pas possible de poser l'émail directement sur la pièce telle qu'elle sort des mains de l'ouvrier. Il est nécessaire, avant de procéder à cette opération, de lui faire subir une cuisson préparatoire appelée « dégourdi ». Cette cuisson se donne aux pièces dans le premier étage du four à porcelaine dénommé « globe » (fig. 13 ; les objets placés dans des supports réfractaires appelés *gazettes* (fig. 14) subissent dans cette enceinte, en même temps qu'une cuisson normale se passe au rez-de-chaussée du four, une température de 900° environ qui transforme la pâte facilement rayable à l'ongle en un corps sonore et poreux que l'ongle ne raye plus et qui s'appelle « dégourdi de porcelaine ». Dans cet état l'émail adhère bien mieux que si la porcelaine était crue.

La pose de l'émail se fait au moyen de trois procédés principaux : par le trempage, au pinceau, par insufflation.

Le trempage s'effectue en plongeant l'objet dans un baquet contenant une certaine quantité d'émail délayée dans de l'eau (fig. 15). On plonge l'objet dans cette bouillie très claire, le nombre de secondes nécessaire pour que la couche de couverte déposée par absorption d'eau soit suffisante, et on laisse l'objet sécher jusqu'à son entrée en cuisson après avoir retiré, s'il est utile, par une opération de retouche les surépaisseurs, les gouttes et l'émail des parties qui ne doivent pas être émaillées après cuisson, telles que les surfaces de scellement. Ces surfaces peuvent être également protégées par des caches qui laissent alors des réserves.

L'émaillage au pinceau s'effectue de la même façon qu'une peinture, et l'émaillage par insufflation emploie comme appareils les outils connus sous le nom d'aérographes, consistant essentiellement dans une sorte de trompe où l'air comprimé entraîne avec lui l'émail délayé, les opérations de retouche et de réserve se faisant comme pour l'émaillage par trempage.

L'émail de porcelaine est ordinairement incolore et la teinte blanche que présente la porcelaine après cuisson est celle de sa pâte qui transparaît à travers l'émail. Lorsqu'on veut obtenir des pièces isolantes de couleur verte, marron, bleue ou noire, on mélange à l'émail classique une certaine quantité d'oxyde métallique : oxydes de chrome pour les isolateurs verts, oxyde de fer ou chromate de fer pour les isolateurs marrons,

(1) *Revue générale de l'Electricité*, 6 et 13 janvier 1917, t. I, p. 22-26 et 58-62.

Digitized by Google

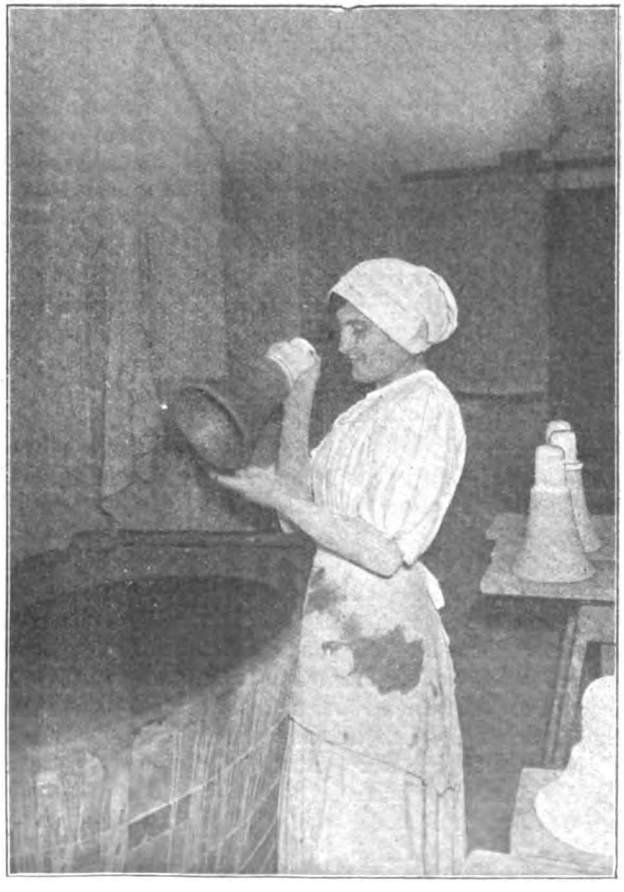


Fig. 13 à 16. — En haut : la mise dans le globe et la fabrication de la gazette. — En bas : l'émaillage et le décor

Digitized by Google

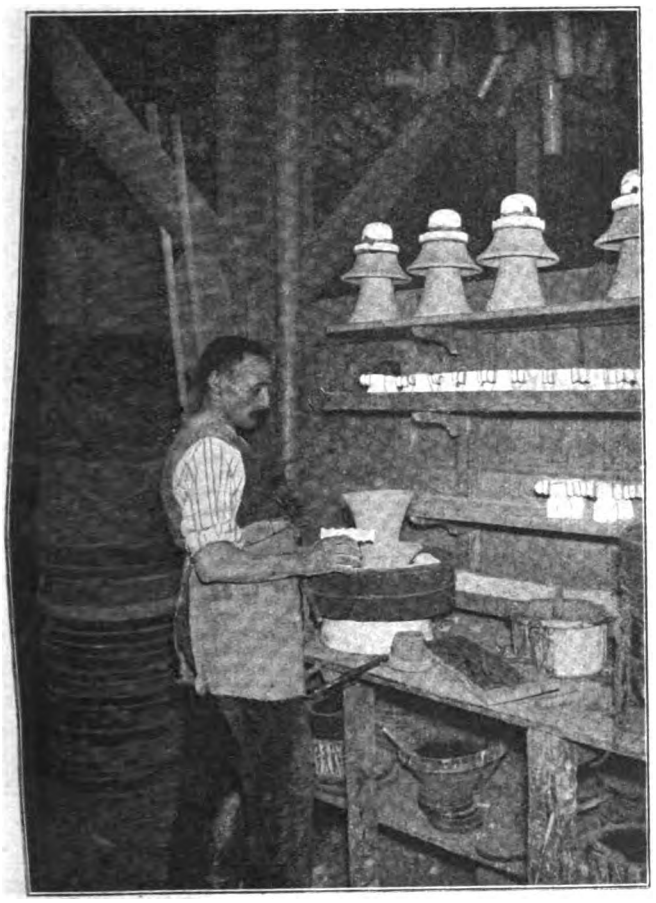


Fig. 17. — L'encastage.

oxyde de cobalt pour les isolateurs bleus, oxyde d'urane pour les isolateurs noirs. Ces oxydes, au cours de la cuisson, se combinent à la silice libre de l'émail et forment des silicates non conducteurs. D'autres couleurs, telles que les faux bois pour interrupteurs et les prises de courants, ne peuvent être obtenues au grand feu; elles sont, pour les pièces qui doivent être ainsi décorées, l'objet d'une opération supplémentaire appelée « décor » (fig. 16), consistant essentiellement dans la pose, sur l'objet, d'un émail coloré très fusible cuisant au moufle à 900° environ.

5° Cuisson. — Après leur sortie de l'atelier d'émail, les pièces de porcelaine sont prêtes à subir les opérations de cuisson. Il n'est pas possible, en raison des cendres qui sont entraînées par le tirage, de cuire les porcelaines en contact direct avec la flamme. De plus, il serait fort difficile de procéder à l'empilage des objets dans les fours.

Pour parer à ces deux inconvénients, on enferme les objets dans des récipients appelés « gazettes », sortes de casseroles en terre réfractaire dont le fond sert de support aux pièces et dont les parois les abritent des cendres.

Cette opération s'appelle « l'encastage » (fig. 17).

On dispose dans une gazette le plus grand nombre de pièces possible les unes à côté des autres (fig. 18), de façon à éviter les pertes de place. Il est quelquefois nécessaire, pour la bonne réussite de l'opération et pour éviter les déformations, de faire reposer les différents objets sur des supports en porcelaine ou en matière réfractaire de forme appropriée.

Les gazettes bien remplies sont portées dans l'intérieur du four où elles sont placées par superposition en files régulières (fig. 19), laissant entre elles les espaces suffisants pour que les gaz circulent librement.

Les fours à porcelaine sont de deux classes bien distinctes : fours à feu discontinu et fours à feu continu.

Les premiers sont les plus répandus, ils admettent deux combustibles : le bois aujourd'hui presque abandonné, et le charbon.

Ils appartiennent à deux systèmes : fours à flammes directes dans lesquels les gaz passent directement des foyers appelés alandiers dans la cheminée d'appel après avoir traversé le globe (partie supérieure du four) ; fours à flammes renversées dans lesquels les gaz, après avoir frappé la voûte du four, traversent les premières files de gazettes, redescendent vers la sole par les entrefiles du centre, passent dans les carneaux souterrains et gagnent le globe au moyen de cheminées dissimulées dans l'épaisseur de la maçonnerie.

Quel que soit le système, le four à porcelaine est toujours composé d'une chambre cylindrique dont la capacité peut aller jusqu'à 100 m³. Autour de cette chambre sont disposés les alandiers en nombre variable: 6, 8, 9, 12.

Dans les fours continus, le système est tout autre. Au lieu d'une chambre unique de grandes dimensions, chauffée par des foyers multiples, ils présentent des

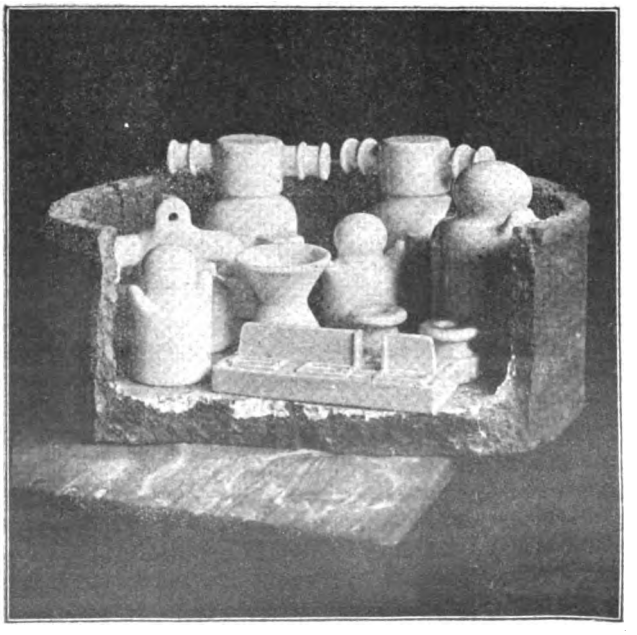


Fig. 18. — Pièces encastées.

Digitized by Google

chambres multiples de petites dimensions, 8 à 10 m³, auxquelles un gazogène unique fournit le gaz combustible. Ces chambres sont groupées autour d'une cheminée centrale, ou réunies dans un bloc de maçonnerie.

Le processus de la cuisson est, du reste, le même pour les fours discontinus et les fours continus.

Dans une première période appelée « petit feu » le conducteur du feu tend à produire dans son appareil une atmosphère oxydante jusqu'à la température de 950° à 1 000° environ. Dans cette première partie de la cuisson, la porcelaine, encore poreuse, perd son humidité, l'eau de constitution des minéraux dont elle est formée, l'acide carbonique des carbonates qu'elle contient et tous les gaz provenant des matières organiques contenues dans la pâte. Cette période du four est d'une importance exceptionnelle; si le cuiseur (fig. 20 monte ses feux trop rapidement, c'est-à-dire passe trop vite en atmosphère réductrice par l'admission d'une quantité trop grande de charbon dans ses alandiers, les gaz, au lieu de sortir de la porcelaine, non seulement ne s'en vont pas, mais s'y accumulent et lorsque, par suite de l'élévation de température, ils chercheront à s'échapper de l'intérieur de la pâte, ne trouvant pas d'issue à travers la pâte qui n'est plus poreuse, ils formeront l'accident bien connu du « bouillon » caractérisé par une sorte de furoncle qui fait saillie sur la porcelaine et dont le cratère est quelquefois crevassé. A l'intérieur de ces furoncles se trouvent des éléments de pâte très fragile et schistée qui démontrent que la formation du bouillon ne s'est pas faite sans difficultés à travers la pâte devenue solide.

A partir de 1 000°, le chauffeur remonte ses feux et, chargeant ses alandiers d'une façon méthodique, passe en atmosphère réductrice pour blanchir la porcelaine tout en élevant la température. Sous l'action de celle-ci, les feldspaths fondent, se combinent aux argiles et à la silice, et, par suite de leur attaque, il se forme, à l'intérieur de la masse, des cristaux d'un silicate complexe dont l'enchevêtrement constitue la pâte de porcelaine cuite.

Pour contrôler l'opération de la cuisson, le porcelainier se sert soit de pyromètres thermo-électriques, soit de montres fusibles (fig. 21), petites pyramides, de fusibilité différente, qui s'affaissent à tour de rôle au fur et à mesure que la température monte; et aussi d'objets en porcelaine retirés du four à différents moments, et dont on examine l'état d'avancement de cuisson.

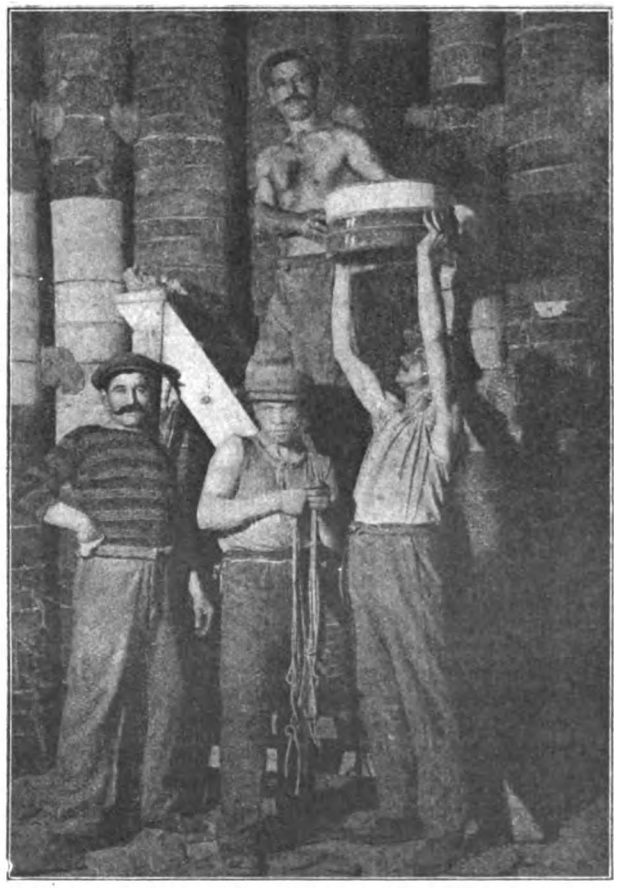


Fig. 19. — L'enfournement.

Fig 20. — La chauffe du four.

Digitized by Google

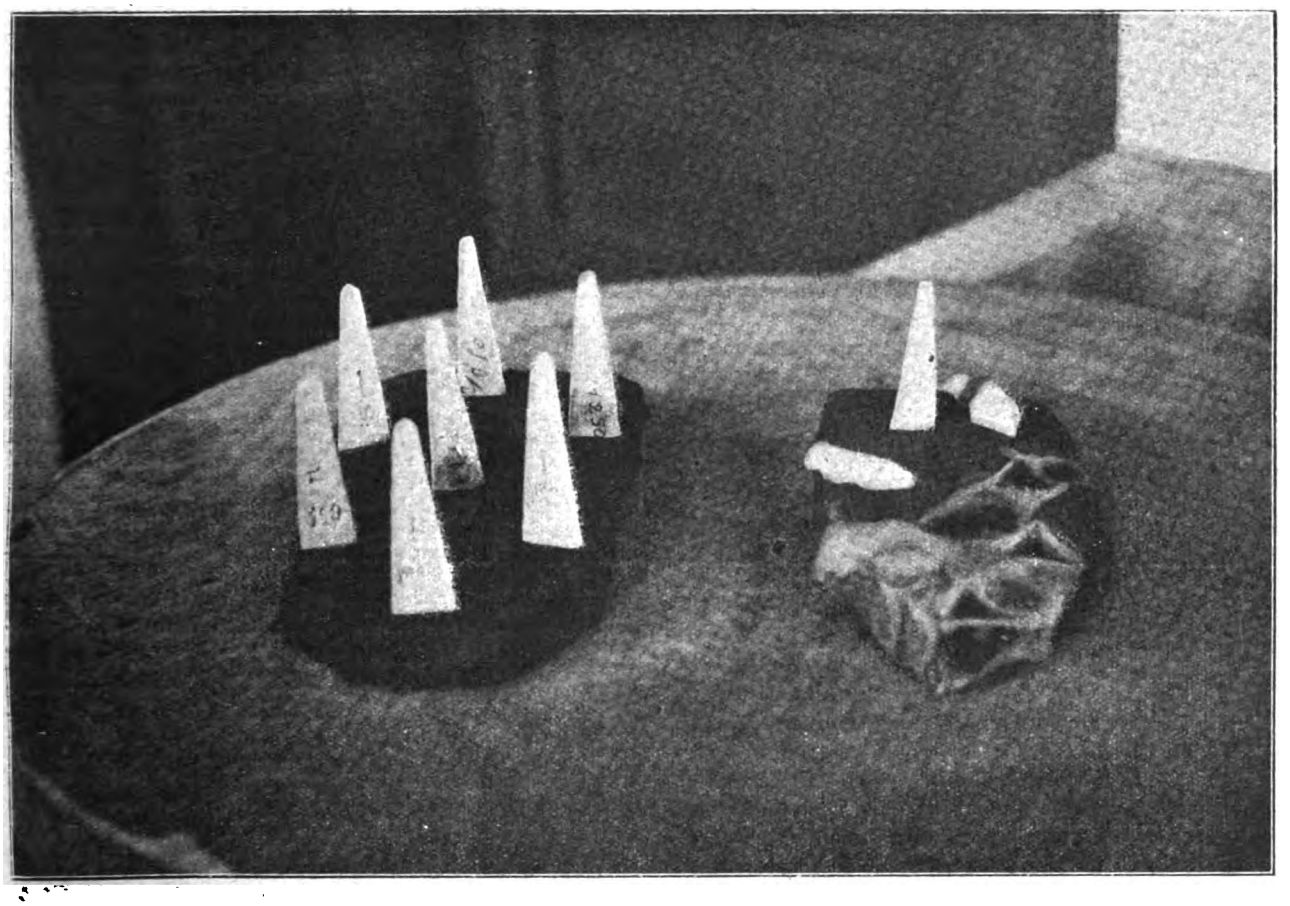


Fig. 21. — Les montres fusibles avant et après usage.

Le degré de température nécessaire à la cuisson d'une bonne porcelaine varie avec la composition de celle-ci, il est compris entre 1 350 et 1 450° maximum. Certains auteurs, peu versés dans le sujet qu'ils traitent, parlent de température de plusieurs milliers de degrés. Il suffira de rappeler que les briques réfractaires du commerce ne supportent pas sans s'altérer profondément plus de 1 650° pour se rendre compte de la fantaisie de cette évaluation.

L'opération de cuisson a une durée variable suivant les systèmes de fours. Dans les fours discontinus, les plus répandus, il faut compter un délai d'environ dix jours entre la mise des porcelaines dans les gazettes et leur sortie de ces mêmes gazettes, appelée « décastage ». Dans les fours continus, la somme des opérations est beaucoup plus rapide et représente un délai de quatre jours environ.

A suivre.

LA CHAMBRE SYNDICALE
DE LA PORCELAINE ÉLECTROTECHNIQUE.

L'établissement d'un catalogue

Cette dernière partie de l'article montre par un exemple concret comment doit être établi un catalogue de lampes à arc.

Dans l'article publié antérieurement sous ce titre (1), j'ai dû me borner à donner des indications générales sur les détails qui doivent figurer dans un catalogue. Ainsi que je l'indiquais à la fin de cet article, je me propose maintenant d'examiner de plus près la section du catalogue relative à un matériel déterminé.

(1) Voir *R. G. E.* du 20 janvier 1917, t. 1, p. 99.

Exemple de section. — Je choisirai comme exemple la section des lampes à arc parce que, sans être trop étendue, elle se prête à l'exposé de détails assez souvent négligés quoique nécessaires.

11 *a*

Digitized by Google

Je supposerai le cas où la section des lampes à arc a dû être divisée en courant continu et courant alternatif, ceci, afin de rencontrer quelques particularités.

La division en fascicules peut être faite, dans l'une et l'autre section, en séparant les lampes ordinaires des lampes à flamme et des lampes en vase clos; en outre, les lampes spéciales pour projection et reproduction de plans, ainsi que les projecteurs, seront classés dans des fascicules spéciaux. Enfin, hors série, se placeront les accessoires tels que : résistances, transformateurs et bobines de réaction, et les appareils de suspension. Le plan de la section des lampes à arc courant alternatif se présenterait alors comme suit :

SECTION MB

Lampes à arc à courant alternatif.

1. Lampes à charbons purs.
2. Lampes à flamme.
3. Lampes en vase clos.
4. Lampes spéciales : projection et reproduction de plans.
5. Projecteurs.

12 S. Résistances, bobines de réaction, transformateurs, crayons et autres accessoires pour lampes à arc.

13 S. Appareils de suspension.

Exemple de fascicule. — Prenons l'un des fascicules ainsi déterminés, celui relatif aux lampes à flamme, par exemple, et examinons la façon dont il devra être rédigé.

En tête, au milieu de la couverture, nous trouverons, outre l'indication de la firme, le titre du fascicule : LAMPES A FLAMME.

Dans un coin, en petits caractères :

Département III : Appareillage et lampes.
Section MB : Lampes à arc à courant alternatif.
Fascicule N° 2.

Dans un autre coin, la date de publication du fascicule.

Je reproduis ci-dessous le texte type de ce fascicule tel que je le conçois ; je commenterai ensuite ce texte. Je m'excuse auprès du lecteur de ce que la reproduction de cet extrait d'un catalogue imaginaire a de fastidieux et de monotone, mais je pense que c'est le seul moyen de donner un exemple de la mise en application des principes énoncés.

LAMPES A FLAMME

Ce type comprend toutes les lampes construites pour l'emploi de charbons dans la composition desquels entre un produit chimique quelconque, destiné à augmenter le pouvoir lumineux de l'arc ; en modifiant la nature de ce produit on peut modifier la teinte de la lumière émise.

Par rapport aux lampes à charbons purs et aux lampes en vase clos, les lampes à flamme présentent les particularités suivantes :

Elles consomment notablement moins d'énergie que celles des autres types ; par contre, les crayons pour lampes à flamme sont plus coûteux que ceux des autres lampes. Au point de vue économique, le choix doit donc se faire en tenant compte à la fois du prix du courant et du prix des crayons.

Au point de vue de la durée de brûlement, les lampes à flamme sont comparables aux lampes à charbons purs ; elles nécessitent un renouvellement des crayons beaucoup plus fréquent que les lampes en vase clos qui sont spécialement établies pour pouvoir brûler longtemps sans entretien. Au début de leur fabrication, les lampes à flamme laissaient un peu à désirer au point de vue de la fixité de la lumière, mais actuellement elles ne sont pas inférieures aux autres types sous ce rapport.

A cause des produits chimiques entrant dans la composition des crayons, ces lampes dégagent un peu de fumée en brûlant ; toutefois, avec des crayons de bonne fabrication ce dégagement de fumée est très réduit, et les lampes à flamme peuvent être employées dans des locaux fermés à condition que ceux-ci ne soient pas trop exigus.

DIVERS MODÈLES DE LAMPES A FLAMME.

Les lampes à flamme se construisent en deux modèles : le modèle à crayons superposés et le modèle à crayons convergents. La principale différence entre ces deux sortes de lampes réside dans la différence de répartition de la lumière émise : la lampe à crayons superposés rayonne latéralement la majeure partie de la lumière émise, tandis que la lampe à crayons convergents rayonne vers le bas la presque totalité de la lumière. Les courbes ci-contre (dont nous ne donnons pas ici de modèles en raison du caractère imaginaire de ce catalogue) précisent cette répartition : dans les deux diagrammes, la ligne en trait plein se rapporte à une lampe de forte puissance lumineuse (20 A), tandis que la courbe en trait pointillé se rapporte à une lampe de faible puissance lumineuse (8 A). Comme on le voit par ces courbes, avec la lampe à crayons superposés, une partie seulement du flux lumineux est émise dans l'hémisphère inférieur, et le nombre de bougies normales moyennes sphériques fournies par la lampe est sensiblement égal à 0,80 fois le nombre des bougies hémisphériques. Avec la lampe à crayons convergents au contraire, le flux lumineux tombant entièrement dans l'hémisphère inférieur, ce rapport descend à 0,50. Ces coefficients permettent de transformer les bougies hémisphériques en bougies sphériques et réciproquement.

RENDEMENT

Les lampes à flamme du type à crayons superposés donnent 3 bougies normales hémisphériques par watt; celles du type à crayons convergents donnent 3, 5 bougies normales hémisphériques par watt.

Les chiffres ci-dessus se comprennent pour l'énergie mesurée à l'aide d'un wattmètre aux bornes de la lampe, sans tenir compte des pertes de puissance dans les résistances, bobines de réaction ou transformateurs, lesquelles varient avec le montage adopté et doivent, par conséquent, être calculées séparément. Ils ne sont valables que pour autant que l'on emploie nos crayons pour lumière blanche marque B. Si l'on emploie les crayons pour lumière teintée, il y a lieu de multiplier les chiffres ci-dessus par les coefficients suivants :

Crayons pour lumière jaune, marque J : 1,3 ;
Crayons pour lumière rose, marque R : 0,9.
Crayons pour lumière bleuâtre, marque BE : 0,7.

Etant donné le peu de précision des mesures photométriques, surtout dans le cas des lumières colorées, les rendements sont indiqués avec une approximation de ± 10 % pour les crayons B et de ± 20 % pour tous les autres crayons. Dans tous les cas, les mesures photométriques seront faites par la méthode du lumenmètre de Blondel, avec photomètre Lummer Brodhun.

MONTAGE. MODÈLES « NORMAL » ET « TRIPLEX »

Les lampes à flamme de l'un ou l'autre type conviennent aussi bien pour le montage par unités isolées que pour le montage en séries jusqu'à six pièces. Pour les grandes séries alimentées par du courant à haute tension, il faut des lampes de construction spéciale dont le projet est établi sur demande.

Dans tous les cas, que les lampes soient montées par

Digitized by Google

série ou isolément, il faut intercaler une résistance ou une bobine de self-induction (voir fascicule 125), absorbant de 20 à 40 v. environ.

Au point de vue du voltage nécessaire aux bornes de la lampe, les lampes à flamme peuvent se diviser en lampes « Normal » et lampes « Triplex ». Les lampes à charbons convergents ne sont construites qu'en modèle « Normal ».

Les lampes du modèle « Normal » exigent aux bornes une tension variant de 41 à 44 v. suivant la grandeur de la lampe. Les voltages les plus habituellement employés, 110 et 220 v. se prêtent donc au montage de deux ou quatre lampes « Normal » en série. Si l'on veut grouper trois lampes sur 110 v. ou six sur 220, on peut avoir recours au type « Triplex » qui n'exige que 26 à 29 v aux bornes. Le tableau 1 résume les conditions d'emploi des deux types de lampes à flamme en indiquant le voltage minimum qu'il est nécessaire de perdre dans la résistance ou dans la bobine de self-induction pour assurer un bon réglage.

Tableau I. — Conditions d'emploi des lampes « Normal » et « Triplex ».

Nombre de lampes en série	NORMAL		TRIPLEX	
	Perte minimum de tension nécessaire.	Voltage total minimum nécessaire.	Perte minimum de tension nécessaire.	Voltage total minimum nécessaire.
1	18	59 à 62	15	41 à 44
2	22	104 à 110	19	71 à 77
3	26	149 à 158	23	101 à 110
4	30	194 à 206	27	131 à 143
5	34	239 à 254	31	161 à 176
6	38	284 à 302	35	191 à 209

Les valeurs indiquées dans ce tableau pour la perte minimum de tension nécessaire comprennent la chute de voltage dans les conducteurs, de sorte que, si les conducteurs alimentant les arcs sont très longs ou très résistants, on peut diminuer d'autant la résistance ou la self-induction nécessaire. Les valeurs indiquées pour le voltage total minimum nécessaire sont les limites correspondant aux plus petites et aux plus grandes lampes. Le voltage exact nécessaire aux bornes de chaque lampe est indiqué plus loin.

Lorsque l'on dispose d'un voltage supérieur au voltage minimum nécessaire, on peut augmenter en conséquence la chute de tension; toutefois si cette augmentation doit être très forte, il est préférable d'avoir recours à un auto-transformateur spécialement construit pour cet usage (voir fascicule 12 S). Chaque série de lampes avec sa résistance (ou bobine de self-induction) est alors branchée sur le secondaire du transformateur dont le primaire est alimenté par le réseau.

Résistance équivalente

Lorsque les arcs sont montés en série, il est à recommander de les munir chacun d'une résistance, équivalente à la résistance apparente de l'arc, qui reste normalement hors circuit et qui s'intercale automatiquement dans le circuit si l'arc vient à s'éteindre pour une cause quelconque. Sans cette précaution, l'extinction accidentelle d'un arc, qui n'est pas remplacé par une résistance équivalente, peut amener l'extinction, ou du moins le déréglage de toute la série. La résistance automatique est placée à la partie supérieure de la lampe, et tous nos modèles peuvent en être munis moyennant un supplément de prix indiqué à la suite des tableaux de prix.

Armature, émaillage

Au point de vue de l'aspect extérieur, les lampes à flamme, tant à crayons superposés qu'à crayons convergents, sont établies chacune en trois modèles différents, représentés par les photographies ci-contre (que nous ne croyons pas utile d'insérer dans ce catalogue fictif).

Le modèle A, tout à fait simple et muni d'un abat-jour de grand diamètre, est spécialement prévu pour l'éclairage industriel des grands espaces découverts : cours d'usines, ports, gares à marchandises, etc.

Le modèle B est analogue au précédent, mais plus élégant, et destiné à l'éclairage des rues et des places publiques de villes.

Le modèle C est destiné à l'éclairage intérieur des grands locaux, des halles, des vitrines de magasins, etc... Il est plus ornementé et d'un fini plus parfait.

Tous les modèles peuvent être livrés sans augmentation de prix avec globe mat ou globe clair. Ils sont tous diposés pour permettre l'emploi d'un globe supplémentaire holophane répartissant uniformément la lumière. Ce dernier doit être commandé séparément (voir page 111, la liste des pièces détachées). Toutes les lampes peuvent être fournies au même prix en diverses couleurs suivant carte d'échantillon ci-contre.

Les tableaux ci-joints (tableaux II, III et IV) indiquent les prix de ces divers modèles.

Tableau II. — Lampes à crayons superposés, type « Normal ».

Intensité du courant en ampères	Tension aux bornes	Durée de brûlement en heures	Charbons		Modèle A		Modèle B		Modèle C	
			longueur	diamètre	n° cat.	prix	n° cat.	prix	n° cat.	prix
8	26	10	200	13	1		5		9	
10	27	10	200	14	2		6		10	
12	28	15	250	16	3		7		11	
15	29	18	325	18	4		8		12	

Digitized by Google

Tableau III. — Lampes à crayons convergents
Type « Normal ».
(Tableau analogue.)

Tableau IV. — Lampes à crayons superposés
Type « Triplex ».
(Tableau analogue.)

Crayons. Voir fascicule 125.

Globes. Les numéros des tableaux ci-dessus désignent les lampes munies de globes opalins. Elles peuvent être fournies avec globes clairs sans changement de prix. Elles sont alors désignées par les mêmes numéros comptés à partir de 1 000. Par exemple, la lampe n° 12, avec globe clair, portera le numéro 1 012.

Résistance équivalente pour montage en série. Cette résistance peut être adaptée à toutes les lampes moyennant un supplément de... Le numéro de la lampe avec résistance équivalente est le même que celui de la lampe sans résistance mais compté à partir de 10 000. Par exemple la lampe n° 1 012 ci-dessus désignée, munie de la résistance automatique, portera le n° 11 012.

En cas de commande de lampe à flamme, indiquer :
Le *genre* de lampe : crayons convergents ou superposés.
Le *type :* « Normal » ou « Triplex ».
Le *modèle :* A, B, ou C.
L'*intensité* en ampères.
La *couleur* d'émaillage.
Avec ou *sans* résistance spéciale pour montage en série. (Résistance équivalente.)
Ou bien :
Le numéro du catalogue et la couleur d'émaillage.

Pièces détachées pour lampes à flamme. Toutes les pièces entrant dans la construction de nos lampes peuvent être acquises séparément aux prix ci-dessous (tableau V); les réparations et remplacements de pièces détériorées sont donc toujours possibles. Les numéros des pièces sont reportés sur les figures ci-contre afin d'éviter toute incertitude.

Tableau V. Pour lampes à crayons superposés.

Numéro du catalogue	Désignation de la pièce	Prix	Poids
37	Globe clair.....		
38	Globe opalin.....		
39	Globe holophane.....		
40	Armature tôle émaillée..		
41	Abat-jour, tôle émaillée.		
	Etc.... etc....		

Dimensions et poids. Tableaux avec croquis indiquant les dimensions et poids des diverses lampes ci-dessus décrites.

. . . . . .

Voyons maintenant ce que vaut le fascicule ainsi rédigé.

Tout d'abord il doit être bien entendu que les chiffres cités ou les propriétés mentionnées n'ont pas de valeur absolue : ce sont des exemples destinés à faciliter l'exposé des idées, et on pourrait les remplacer par d'autres chiffres ou d'autres propriétés ; le but est surtout de montrer la nature des renseignements indispensables à l'acheteur.

Parmi ces renseignements en est-il qui sont superflus ? Certaines personnes ennemies des catalogues complets diront peut-être que oui ; que, par exemple, les données précises sur la puissance lumineuse sont inutiles, ou bien que l'on pouvait omettre l'indication du voltage exact minimum requis pour chaque genre de montage. Ce serait à mon avis une erreur : l'ingénieur chargé d'établir l'éclairage d'une ville, d'une gare, d'un entrepôt, etc., et à qui un cahier des charges impose un certain nombre de sources lumineuses de puissance donnée, doit être certain que les lampes qu'il commandera satisferont à ce cahier des charges. Il ne peut pas se contenter d'une approximation ; il doit savoir exactement comment il pourra procéder à la réception du matériel commandé et démontrer ainsi à ses commettants, si c'est nécessaire, que ce matériel répond bien aux conditions imposées ; en un mot, il doit connaître les garanties exactes que peut donner le fournisseur, afin de s'assurer que ces garanties correspondent à celles qui seront exigées lors de la réception de l'installation qu'il exécute. En photométrie, plus peut-être qu'en tout autre matière, l'imprécision des conditions d'essai est inadmissible car les résultats varient beaucoup avec les méthodes employées, et, même en définissant toutes les conditions de l'essai, on ne peut arriver qu'à un résultat plus ou moins approximatif.

De même, si l'acheteur ne trouve dans le catalogue que l'indication vague : « Pour montage par deux lampes sur 110 V ou quatre lampes sur 220 V », que fera-t-il lorsqu'il ne disposera que de 100 ou 105 V ? Peut-il risquer de diminuer un peu la résistance additionnelle ou doit-il renoncer à mettre deux lampes en série ? J'ai choisi les deux points ci-dessus : puissance lumineuse et tension exacte nécessaire précisément parce que, dans beaucoup de catalogues, ces données sont incomplètes ou fournies sans la précision désirable.

Tous les renseignements nécessaires figurent-ils bien dans le catalogue établi comme ci-dessus ? Très probablement, non ! Un catalogue est toujours susceptible d'amélioration et doit se compléter, se préciser à chaque édition. Il faut faire aussi bien que possible, puis améliorer.

Au point de vue de l'ordre adopté, de la division des matières à cataloguer ou des renseignements à fournir, quelques remarques sont nécessaires.

J'ai à dessein touché la question des lampes pour montage en grandes séries, bien que celles-ci ne soient guère employées en Europe ; j'ai supposé qu'elles n'étaient pas cataloguées afin de ne pas allonger indéfiniment un exemple qui n'est déjà que trop long ; mais si on voulait les cataloguer, où faudrait-il les classer ? A première vue, étant donné le caractère très spécial de ces lampes, on est tenté de les réunir en un fascicule

Digitized by Google

séparé.. Mais alors celui-ci contiendra des lampes, à courant continu et alternatif, des lampes ordinaires à flamme et en vase clos. Bref cela constituera une infraction au système de classification choisi. Or, cela est inadmissible; c'est pourquoi je n'hésiterais pas à classer chaque lampe à la place qui lui revient d'après les principes généraux adoptés pour la classification.

C'est aussi en vertu de ces principes que j'ai rejeté les crayons pour lampes à arc dans le fascicule des accessoires : on aurait pu les cataloguer immédiatement après les lampes; mais comme ces crayons peuvent servir à différents types de lampes, on aurait été obligé de reproduire ces tableaux dans plusieurs fascicules; il est plus simple et plus rationnel de les rejeter dans le fascicule commun des accessoires. Si celui-ci devient trop important, on peut le scinder en deux et créer un fascicule pour les résistances, bobines de réaction et transformateurs, et un autre pour les crayons et autres accessoires.

Par contre, les pièces détachées sont cataloguées immédiatement après les lampes parce qu'elles se rapportent à un type de lampe déterminé et n'intéressent que les acheteurs qui possèdent précisément ce type de lampe.

L'indication du poids des pièces détachées peut paraître superflue; c'est cependant un renseignement important en cas d'exportation. Très souvent le client qui habite à l'étranger peut faire effectuer ces pièces sur place à un prix naturellement plus élevé que celui du catalogue; il faut qu'il soit à même de calculer les frais supplémentaires d'expédition à ajouter au prix du catalogue. Ce serait le cas, par exemple, pour les globes, réflecteurs en tôle émaillée, etc.

Sans vouloir reproduire le fascicule contenant les résistances, bobines d'induction et transformateurs, je crois utile de dire quelques mots à ce sujet, car ces appareils sont en général catalogués d'une façon absolument insuffisante.

Pour les résistances, les données techniques sont fort simples : résistance totale, amplitude du réglage possible et courant maximum admissible, quelques indications concernant la construction et les conditions d'emploi des divers types offerts, des croquis d'encombrement, tables de poids et prix et quelques photographies définiront parfaitement ce matériel.

Pour les bobines de réaction, il faut un peu plus de détail. Il faut montrer l'avantage de la self-induction sur la résistance : économie d'énergie, et son désavantage : déphasage du courant. Non seulement il faut signaler à l'acheteur ces propriétés, mais il faut lui donner le moyen de les évaluer avec précision dans toutes les conditions d'emploi des bobines. Pour cela il faut donner la courbe de la puissance absorbée et de la chute de tension en fonction du courant. Mais la bobine est susceptible de réglage, soit par variation de l'entrefer, soit par tout autre moyen; aussi sur le diagramme des chutes de tension et puissance absorbée, est-il utile d'indiquer deux ou trois courbes correspondant à des réglages différents. Pour chaque type de bobine, il faudra indiquer le courant normal et les surcharges admissibles pour diverses fréquences. Si les bobines ne sont pas très largement calculées, il est bon d'indiquer la température maxima de l'air ambiant dans lequel elles peuvent travailler.

Pour les transformateurs, il faut également donner quelques diagrammes : la variation du rapport de transformation et du rendement avec la charge pour différentes valeurs du déphasage secondaire; la variation du déphasage primaire en fonction du déphasage secondaire. Il faut indiquer pour chaque type la puissance, le rapport de transformation à vide, le voltage primaire, la perte à vide, etc. Comme pour les bobines de self-induction, il n'est pas mauvais d'indiquer les surcharges admissibles et les conditions de température maxima de l'ambiance. Tout ceci indépendamment des renseignements habituels, poids, dimensions, photographies, prix, etc., dont l'absolue nécessité n'a pas besoin d'être mentionnée.

J'entends déjà les partisans des catalogues simplifiés et incomplets qui demandent : « Pourquoi tous ces renseignements? » Simplement parce que, s'ils ne sont pas *toujours* nécessaires, ils sont *souvent* très utiles et même indispensables à l'étude sérieuse d'une grande installation. Parce que, bien présentées et condensées comme il convient, toutes ces données conduisent à un catalogue qui ne sera pas sensiblement plus volumineux que le vieux catalogue incomplet et approximatif, pour ne pas dire inexact, dont la majorité de nos fabricants se contentent, mais qui ne satisfait pas la clientèle. Parce que, un catalogue complet et précis, montre au client que le matériel offert est bien étudié, et c'est une sérieuse recommandation pour la firme qui le construit. Parce que, enfin, quand un technicien peut choisir entre la précision et l'approximation, entre le doute et la certitude, il ne doit pas hésiter..: et si, par hasard, le fabricant hésite, l'acheteur n'hésite pas, lui!

Renseignements généraux. — Il est inutile, je crois, d'insister davantage pour montrer que l'établissement du catalogue d'une grande maison de construction d'appareils électriques est une œuvre importante et complexe. Grâce à l'adoption de quelques principes simples, nous sommes arrivés à mettre de l'ordre dans la classification des produits à cataloguer; il faut maintenant qu'en quelques mots nous mettions le lecteur de notre catalogue à même d'y trouver rapidement et sûrement le renseignement qu'il désire. C'est l'objet du fascicule spécial, hors catalogue, que j'intitulerai « Renseignements généraux » et qui débuterait comme suit :

L'ensemble de la fabrication de la Firme... est divisé en N départements. A chacun de ces départements correspond un catalogue numéroté de 1 à N en chiffres romains.

Chaque catalogue est divisé en un certain nombre de sections reliées sous des couvertures de couleurs différentes et désignées par des lettres majuscules. Si la section considérée comporte des appareils qui peuvent être employés indifféremment avec du courant continu et du courant alternatif, elle est désignée par une seule lettre. Si la section comporte des appareils pour courant continu seulement,

Digitized by Google

elle est désignée par une lettre suivie de la lettre A : si elle comporte des appareils pour courants alternatifs seulement, elle est désignée par une lettre B. Jamais des appareils ne pouvant être employés qu'avec du courant continu ne sont catalogués dans la même section que des appareils ne pouvant être employés qu'avec du courant alternatif.

Chaque section contient un certain nombre de fascicules dont le numérotage (en chiffres arabes) est continu à partir de 1, plus un certain nombre de fascicules portant des numéros quelconques (en chiffres arabes) suivis de la lettre S. Les premiers contiennent la description des appareils compris dans la section considérée. Les seconds contiennent la description des accessoires de ces appareils ; ils portent un numéro spécial, hors série, parce qu'ils sont en général communs à plusieurs sections.

Le plan général du catalogue dressé d'après ces principes se présente comme ci-dessous :

DÉPARTEMENT 1 : MACHINES ROTATIVES.

SECTION AA : Générateurs à courant continu :
Fascicule 1. — Petites dynamos shunt (0,5 à 10 kw).
Fascicule 2. — Grandes dynamos shunt (10 kw et au-dessus).
Fascicule 3. — Petites dynamos compound, etc...
Fascicule 1S. — Accessoires pour dynamos et moteurs, etc...

SECTION AB : Génératrices à courants alternatifs :
Fascicule 1. — Petites génératrices monophasées.
Fascicule 2. — Grandes génératrices monophasées etc...
Fascicule 1S. — Accessoires pour génératrices et moteurs.
SECTION BA : Moteurs à courant continu, etc...

A la suite de ce tableau qui constitue en quelque sorte la clef du catalogue, viendraient les indications commerciales relatives aux conditions de commande, commandes télégraphiques, expédition, emballage, paiement, assurance, contestations, etc... sur lesquelles je ne m'étendrai pas parce que j'ai remarqué que, contrairement aux renseignements techniques, les renseignement commerciaux sont, en général, donnés avec assez de précision.

Le fascicule contenant les renseignements généraux sera inclus dans chaque section du catalogue.

CONCLUSION. — Je me suis aperçu à maintes reprises, au cours de cet article, qu'il était fort difficile d'exprimer de façon concrète des idées sur un sujet aussi indéterminé que l'établissement d'un catalogue de produits imaginaires : j'ai été réduit à procéder par exemples, et je crains de ne m'être pas toujours fait comprendre.

En outre, l'absence des procédés typographiques, des gravures et croquis qui font la clarté d'un catalogue, rendaient encore la tâche plus difficile.

Si je ne suis pas arrivé à convaincre le lecteur que ma méthode est la bonne, cela n'a aucune importance. L'important, c'est que je l'aie convaincu, et j'espère y être arrivé, que les quatre-vingt-dix-neuf centièmes de nos catalogues sont tellement insuffisants ou mal faits qu'on doit les considérer comme inexistants. Si nos fabricants voulaient bien admettre cela, ils feraient appel à tous ceux et ils sont légion ! qui ont souffert de l'absence de catalogues ou maudit les catalogues mal faits. Ils rencontreraient certes de nombreux collaborateurs et, en unissant les bonnes volontés, on forgerait bien vite les armes indispensables à la lutte économique qui suivra la lutte héroïque actuelle, armes sans lesquelles nos chances de victoire sont bien faibles.

F. SCOUMANNE.
Directeur de la Société « Force électrique » Bakou.

Revues, analyses et informations

Ligne de traction interurbaine pour le transport des marchandises.

La ligne qui fait l'objet de la présente description a été créée surtout en vue du transport des bois et des produits agricoles. Elle traverse en effet des villages relativement peu peuplés et le trafic marchandises est sa principale source de revenus.

Elle s'étend sur une longueur de 52 km et relie l'Aroostook Valley au Canadian Pacific Railway. Outre le service marchandises, le service grande vitesse et colis express a pris une grande extension ; les colis sont dans ce cas placés dans les compartiments à bagages des voitures à voyageurs.

D'une façon générale, la ligne est exploitée comme une ligne à vapeur. Le service voyageurs comprend six trains par jour dans chaque sens, quatre entre Presque-Isle et Caribou et deux entre Presque-Isle et Sweden.

Le service marchandises est assuré par un train qui parcourt toute la ligne chaque jour de semaine et qui atteint souvent un nombre de wagons supérieur à 20.

VOIE FERRÉE ET LIGNE AÉRIENNE. — Le réseau présente de faibles pentes et des courbes de grands rayons particulièrement favorables à un service marchandises : d'une façon générale les pentes ont été limitées à 1 pour 100. La voie est établie, sur la presque totalité du parcours, sur plate-forme séparée.

La ligne aérienne est constituée par un fil de 11,7 mm de diamètre, à suspension simple par consoles ou transversaux supportés par des poteaux en bois de 9,15 m de longueur. L'on n'a installé qu'un seul feeder qui est constitué par un fil de cuivre de 11,7 mm de diamètre allant de Caribou vers Sweden sur une longueur de 19,5 km.

La voie est constituée par des rails en acier pesant 32 kg au mètre courant. L'éclissage électrique est effectué à l'aide de connexions de 11,7 mm.

L'on n'a pas disposé de croisements ni d'aiguillages sur la ligne aérienne ; la ligne principale est continue, ce qui permet aux trains de la parcourir en pleine vitesse. Les lignes secondaires sont amenées aux aiguillages parallèlement à la ligne principale et électriquement connectées à

Digitized by Google

cette dernière par des ponts. Etant donnée la faible vitesse des trains, le changement de trolley peut se faire sans inconvénients.

La ligne traverse deux ponts : l'un, situé sur l'Aroostook River entre Washburn et Presque-Isle, est constitué par deux fortes poutres supportées par des piliers en maçonnerie ; l'autre est placé sur la jonction qui relie la ligne principale avec le Canadian Pacific Railway ; il a une longueur de 305 m et est construit en ciment armé.

De nombreux évitements ont été construits le long de la ligne, avec ou sans remises, pour faciliter le chargement des marchandises consistant, en grande partie, en pommes de terre.

Alimentation et sous-stations. — L'énergie nécessaire, pour l'alimentation de la ligne de chemin de fer et les distributions d'éclairage et de force le long de cette ligne, est fournie par l'usine hydraulique de la Maine & New Brunswick Electric Power Company Ltd. située sur l'Aroostook River. Cette usine comprend 3 unités horizontales, l'une de 1 500 kw, les deux autres de 500 kw fonctionnant sous une hauteur de chute de 24 m. Le barrage est situé à 800 m environ de la station centrale à laquelle l'eau est amenée par un canal. La quantité d'eau disponible en toute saison est suffisante pour ne pas nécessiter l'établissement de machines de secours.

L'énergie électrique est produite sous forme de courant alternatif à la tension de 11 000 v et la fréquence de 60 p:sec et transmise aux sous-stations à cette tension. Outre le chemin de fer, cette centrale dessert plusieurs villes de de l'État du Maine, la distribution comportant 185 km de lignes de transmission à 11 000 v et 72 km à 33 000 v.

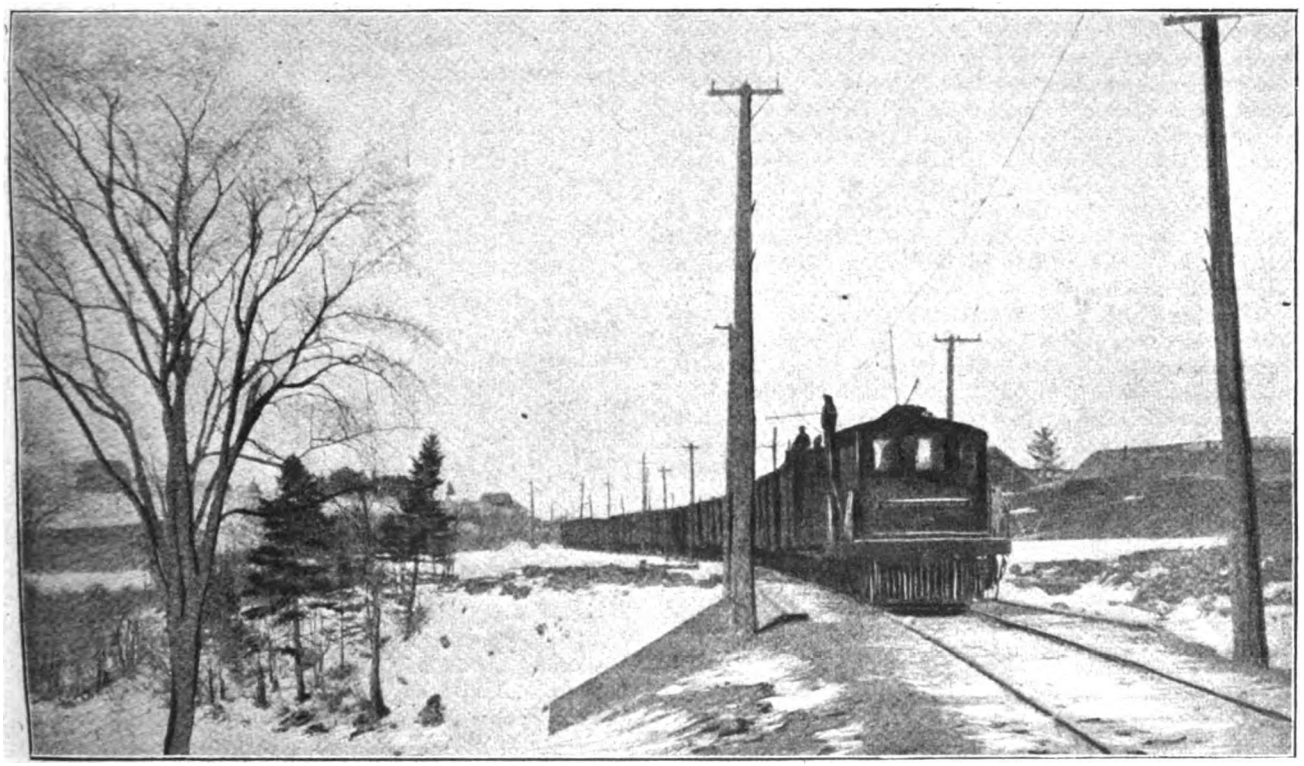


Fig. 1. — Train de marchandises avec locomotive de 40 tonnes.

Une des sous-stations, située dans la ville de Munson Hill sur l'Aroostook River entre Presque-Isle et Washburn, est alimentée par une ligne indépendante et une unité spéciale, tandis que l'autre sous-station, située à Caribou, dessert à la fois le chemin de fer et la distribution d'éclairage et de force.

Ces deux sous-stations, à courant continu 1 200 v qui alimentent ce chemin de fer, contiennent le même équipement. Dans chacune sont installées deux commutatrices de la General Electric Cº, 600 v, 200 kw fonctionnant en série pour débiter du 1 200 v. Les transformateurs sont du type monophasé à huile de 110 kw chacun, bobinés pour 11 000 v au primaire et à double enroulement à 370 v au secondaire. Leur capacité totale est donc de 80 pour 100 de celle des commutatrices. Cette capacité est large, si l'on remarque que la charge du réseau de traction est intermittente et les pointes de faible durée.

Les sous-stations contiennent chacune, en outre, un transformateur 11 000-2 300 v pour l'alimentation des circuits locaux d'éclairage et de force motrice.

Le tableau de distribution est constitué par des panneaux normaux, type 1 200 v, pour machines et feeders. Les interrupteurs et disjoncteurs sont montés à la partie supérieure du tableau et manœuvrés à distance par des poignées placées au centre des panneaux.

Matériel roulant. — Le matériel roulant à voyageurs se compose de quatre voitures du type interurbain comprenant un compartiment pour les bagages et les colis express. Chaque voiture est équipée avec 4 moteurs General

Digitized by Google

Electric n° 217, 600-1 200 v. d'une puissance de 50 ch et prévus pour une vitesse de 56 km : h; deux de ces voitures sont munies de contrôleurs type K et les deux autres de contrôleurs type M. Le courant de commande à 600 v est fourni par un dynamoteur qui alimente également les circuits d'éclairage et le compresseur d'air pour les freins. Les chaufferettes électriques fonctionnent directement sous la tension de 1 200 v du trolley.

Le matériel roulant pour les marchandises comprend une locomotive de 50 tonnes et un fourgon automoteur, pesant environ 30 tonnes, qui peut également être utilisé pour la traction des trains (fig. 1).

La locomotive est du type à cabine centrale avec capots inclinés à chaque extrémité pour abriter l'équipement électrique. La cabine centrale contient le contrôleur, le compresseur d'air, etc., et les divers accessoires de conduite. La locomotive est équipée avec quatre moteurs General Electric n° 206, 600-1 200 v, avec contrôleur à unités multiples type M. L'air comprimé est fourni par deux compresseurs type CP. 29 à 1 200 v, et le courant de commande à 600 v, par un dynamoteur. Les freins sont prévus pour l'accouplement avec les wagons à marchandises normaux.

Le fourgon est équipé avec 4 moteurs General Electric n° 205, d'une puissance de 75 ch, prévus pour 600-1 200 v, avec contrôleur à unités multiples type M.

On a construit un atelier de réparation à Presque-Isle et le personnel est réduit au minimum. Les équipements sont visités avec soin deux fois par mois, une visite sommaire étant faite tous les jours.

Les deux voitures ayant fait le plus de service ont parcouru respectivement 253 000 et 262 000 km sans nécessiter de démontage d'induit, et, à ce jour, la locomotive a parcouru 160 000 km sans arrêts dus à l'équipement électrique.

Projets d'extension. — On a définitivement adopté un grand projet d'extension. La nouvelle ligne réunira le Québec Central Railway à Québec avec le Canadian Pacific à New Brunswick. Sa longueur sera de 160 km et son profil a été particulièrement étudié pour le service des marchandises, les pentes étant limitées à 1 pour 100. Le projet actuel envisage l'utilisation de courant continu à une tension de 1 200 v et au-dessus; le trafic sera fait à l'aide de locomotives pour les trains de marchandises et d'automotrices à unités multiples pour les trains de voyageurs.

P. S.

La remise en marche d'une distribution après une interruption forcée [1].

D'une façon générale, une surcharge de quelques minutes ne peut pas endommager des alternateurs, et comme la coupure soudaine d'un courant intense tend à produire des tensions anormales, il est à conseiller, pendant les phénomènes anormaux, de tenir tous les interrupteurs fermés, sauf ceux qu'il est nécessaire d'ouvrir pour débrancher une section qu'un accident a mise hors d'usage d'une façon permanente. Plus un interrupteur est voisin de l'alternateur, plus la distribution qu'il commande est importante; l'intérêt de maintenir un interrupteur fermé est donc d'autant plus grand qu'on se rapproche plus des alternateurs. Les interrupteurs des alternateurs doivent donc être disposés de telle sorte qu'ils ne s'ouvrent jamais par l'effet d'une surcharge. N'était la possibilité d'un accident à l'intérieur de l'alternateur lui-même, il vaudrait mieux que l'interrupteur qui le protège fût non automatique, mais alors, en cas de court-circuit ou de terre dans l'alternateur, il y aurait des troubles graves dans la distribution jusqu'à ce qu'on ouvre l'interrupteur à la main; l'alternateur aussi pourrait être gravement endommagé et même détruit.

La figure 1 représente un système de protection des alternateurs. L'alternateur est triphasé, mais il n'y a qu'une phase à considérer dans la description, les autres se comportant de même. A chaque extrémité de la phase A est un transformateur de courant, le transformateur A_1 étant près

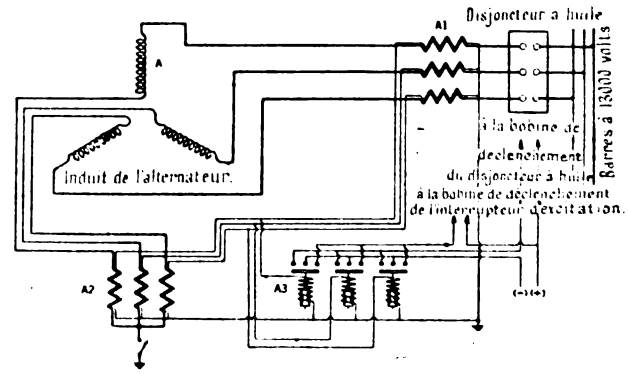


Fig. 1.

du disjoncteur à huile et le transformateur A_2 près du point neutre, de sorte qu'un courant quelconque traversant complètement la phase A détermine, dans les secondaires des deux transformateurs, des courants exactement égaux et en phase, les transformateurs ayant des rapports égaux et ayant leurs secondaires montés en série avec leurs tensions instantanées aux bornes en opposition. Donc, si un relais tel que A_3 a son solénoïde branché entre les deux fils qui relient les transformateurs, et ses circuits auxiliaires reliés à la fois à la bobine de déclenchement de l'interrupteur du circuit induit et à la bobine de déclenchement de l'interrupteur du circuit inducteur, les extrémités du solénoïde du relais seront toujours au même potentiel tant qu'il n'y aura pas de fuite de courant dans l'enroulement de la phase A, quelle que soit la charge de la machine, et qu'elle marche en génératrice ou en réceptrice. Donc, tant qu'aucun trouble ne se produira dans l'alternateur, il n'y aura pas de courant dans le solénoïde du relais et par suite pas de déclenchement, mais dès qu'il naît un courant de fuite allant de la phase A à l'une des autres phases ou à la terre, les deux transformateurs ne sont plus équilibrés, et le courant différentiel qui circule entre leurs secondaires, passant par le solénoïde du relais, fera ouvrir à la fois le circuit induit et le circuit inducteur, ce qui, non seulement empêchera le courant d'aller des barres à l'alternateur endommagé, mais aussi garantira la machine contre les effets qui lui auraient été causés par son propre courant, si l'interrupteur était resté fermé.

Les disjoncteurs d'alternateur étant disposés pour ne pas déclencher par une surcharge, tant que les machines sont en état normal, et les autres disjoncteurs du réseau étant supposés agencés pour un fonctionnement sélectif, imaginons qu'un arc se produise entre deux conducteurs du réseau en un point où l'isolation ne sera pas endommagée d'une manière permanente, et qu'à ce moment nous coupions les

[1] F.-E. Ricketts. Communication présentée à l'American Institute of Electrical Engineers, le 30 juin 1916. *Proceedings of the A. I. E. E.*, juin 1916, t. XXXV, p. 931-944.

Digitized by Google

circuits d'excitation de tous les alternateurs à la fois pendant un court intervalle, 1 ou 2 sec par exemple. La tension du réseau baissera alors très rapidement jusque près de zéro, surtout si le court-circuit est grave, car en ce cas le courant intense dans les induits tendra à démagnétiser les alternateurs, même avant la coupure des circuits d'excitation. La chute de tension sera beaucoup plus rapide si l'on coupe les inducteurs de l'alternateur que si l'on coupe les inducteurs de l'excitatrice. Quand on refermera les circuits inducteurs, l'arc aura cessé, et à mesure que le courant s'établira dans l'excitation, la tension aux bornes de l'induit croîtra graduellement de zéro à la valeur normale, sans aucune onde de surtension et sans que le courant dépasse de plus de 200 pour 100 sa valeur normale. La distribution sera ainsi rétablie sur le réseau tout entier. Mais pour obtenir les meilleurs résultats, il faut une disposition spéciale des relais, et quand il y a des moteurs synchrones sur le réseau, ils doivent présenter certaines particularités de construction.

A titre d'exemple d'application, voici le système qu'emploie avec succès depuis trois ans la Consolidated Gas, Electric Light and Power Company de Baltimore. Un moteur M actionne par un train d'engrenages un cadran A portant des segments de contact (fig. 2). Quand le moteur marche, le cadran fait un tour complet en 1 min, ce qui est la

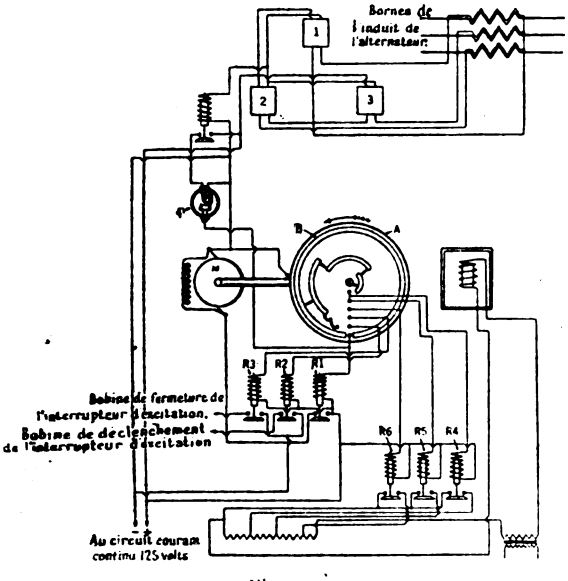


Fig. 2.

durée d'un cycle d'opération du système. Le moteur se met en marche sous l'action de l'un ou l'autre des relais 1, 2, 3, reliés à des transformateurs de courant qui sont placés dans les sorties d'un alternateur au moins, celui qui est en marche. Ces transformateurs sont placés dans les sorties des machines plutôt qu'ailleurs, parce qu'ils seront ainsi toujours soumis à un même courant en cas de court-circuit, quel que soit le nombre des alternateurs en marche, tandis que, s'ils étaient placés dans les circuits de départ, ils seraient, en cas de court-circuit, soumis à un courant proportionnel au nombre des machines en marche. La mise en marche du moteur par les relais est différée de 2 sec au moyen d'un relais à temps constant 3, pour donner le temps à certains des relais sélecteurs du réseau de débrancher un circuit peu important sur lequel existerait un court-circuit, mais ce temps doit être inférieur à celui qu'exige le fonctionnement des relais commandant la plus importante partie du réseau. Presque aussitôt après que le moteur a été mis en marche par le relais 1, le segment B du cadran vient toucher un contact qui met le courant sur le relais R_1 pendant un tour complet du cadran ; ceci empêche le moteur de s'arrêter avant qu'il ait accompli un cycle. Immédiatement après ce bloquage de R_1, un plot du cadran vient toucher un contact qui ferme le relais R_2, lequel ouvre tous les interrupteurs d'excitation, et environ 2 sec plus tard un autre plot du cadran fait jouer le relais R_3, qui ferme tous les interrupteurs d'excitation. Le régulateur de tension fera monter au maximum la tension de l'excitatrice pendant la coupure du circuit d'excitation, de sorte que, quand ce circuit sera refermé, le courant d'excitation prendra une valeur maxima, effet qu'on doit chercher à réaliser, puisque le temps nécessaire pour la mise en phase des alternateurs varie d'une façon inverse de l'intensité des courants d'excitation. Mais, quand les alternateurs se mettent en phase, la tension peut s'élever trop rapidement pour que le régulateur puisse en rester maître ; aussi, pour parer à cet effet, les relais R_4, R_5, R_6 sont actionnés par les segments près du centre du cadran de façon que, pendant le premier tiers du cycle de fonctionnement, une moitié de la résistance qui est en série avec le solénoïde de réglage du régulateur soit court-circuitée et qu'elle soit remise en circuit par fractions à mesure que le cadran tourne, la résistance entière étant en circuit à la fin du cycle. Donc, puisque la fonction du régulateur consiste à maintenir un courant constant dans le solénoïde de réglage, la tension sera déterminée par la résistance en série avec ce solénoïde, c'est-à-dire que la tension reviendra graduellement à sa valeur normale, ce qui est d'une grande importance pour la mise en synchronisme des moteurs du réseau.

Pendant le fonctionnement de l'appareil, les moteurs asynchrones ralentiront puis reviendront à la vitesse normale, mais les relais qui les protègent devront être réglés pour un courant assez élevé, soit 400 pour 100 du courant de pleine charge, afin qu'ils n'agissent pas avant que le moteur ait pris sa vitesse.

Pour les commutatrices, le problème est plus difficile parce qu'elles perdent une grande partie de leur couple quand elles se décrochent et parce que du côté à courant continu leur polarité peut être aussi bien la mauvaise que la bonne, la polarité des balais changeant chaque fois que l'induit avance ou retarde d'un pôle. On peut empêcher cette inversion de polarité en excitant les inducteurs par une source extérieure de courant continu qui ne sera pas affectée par le court-circuit, de sorte que la commutatrice ne s'accrochera pas quand ses balais auront la mauvaise polarité. Cette excitation séparée n'a pas besoin d'avoir la même valeur que l'excitation de marche normale ; dans la plupart des cas, un courant d'excitation égal à 25 pour 100 du courant normal assurera une polarité correcte. L'auteur décrit une application de ce système.

Le cas est plus difficile pour les moteurs synchrones, car la baisse du couple en cas de décrochage oblige ici à réduire la charge à un point tel que le moteur puisse se remettre en phase. Voici un moyen d'y arriver ; il est appliqué à un groupe moteur-génératrice. Le schéma (fig. 3) ne représente qu'une seule sortie de l'induit, les connexions étant semblables pour les autres. Dans cette sortie est intercalé un transformateur d'intensité qui fournit du courant à deux relais dont l'un, A, destiné à faire sauter le disjoncteur principal du moteur, est réglé pour une charge de 300 pour 100 et a une caractéristique telle qu'il fera

Digitized by Google

déclencher en un tiers de seconde environ au courant maximum que le moteur fournira à un court-circuit; qu'il ne fonctionnera pas sous forte charge ou lorsqu'un court-circuit se déclarera sur le réseau, mais qu'il agira très vite si un défaut se produit dans le moteur. Cette protection pourrait aussi être réalisée par le système indiqué au début de l'article pour les alternateurs, mais celui-ci a l'avantage de protéger le moteur au cas où il se décroche et ne peut se remettre au synchronisme. Il y a aussi dans le circuit du transformateur de courant un relais B construit de façon à enclencher pour une surcharge de 200 pour 100 et à ne pas retomber, une fois enclenché, jusqu'à ce que la charge du moteur soit normale. Le relais B agit sur un interrupteur

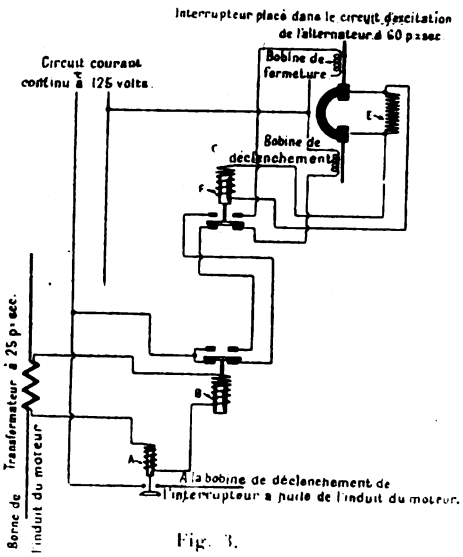


Fig. 3.

placé dans le circuit inducteur de la génératrice, et, en parallèle avec cet interrupteur, est une résistance E qui, quand elle est en circuit, limite la charge de la génératrice à une valeur permettant au moteur de se remettre au synchronisme. Donc, à mesure que la tension du réseau remonte après une interruption, avant que le courant dans le moteur soit assez fort pour faire jouer le relais A, le relais B jouera et fera mettre la résistance E en série dans l'excitation, ce qui limitera la charge de telle sorte que le moteur puisse se remettre en phase sans faire jouer le relais A. Il y a de plus un relais F qui fonctionne sous l'influence de la tension aux bornes de la résistance E, et qui ouvre le circuit de la bobine de déclenchement de l'interrupteur d'excitation et ferme le circuit de sa bobine d'enclenchement, de sorte que, quand le moteur se met au synchronisme et que le courant revient à sa valeur normale, l'interrupteur du circuit d'excitation se ferme et la tension de la génératrice redevient normale; le relais F, n'ayant plus de tension à ses bornes, reprend sa position de repos.

Le mode de construction des moteurs synchrones affecte grandement leur aptitude à se remettre au synchronisme, et c'est la résistance des enroulements amortisseurs qui a le plus d'influence sous ce rapport.

La figure 4 représente une partie de courbe voltmétrique enregistrée à une usine génératrice protégée par ce système pendant un orage; on y voit l'effet des coups de foudre sur la distribution. Le réglage de la tension s'opérait à l'usine génératrice de façon à maintenir une tension constante au point de distribution; l'allure de la courbe indique donc la quantité de charge qui fut perdue et la rapidité avec laquelle elle fut récupérée. Les perturbations de 4 h 14 et de 4 h 18 furent éliminées par l'ouverture des inducteurs après qu'elles eurent persisté 4 sec. La perturbation de 4 h 22 fut éliminée par d'autres appareils avant que le court-circuit eût duré assez longtemps pour causer l'ouverture des inducteurs. On doit comprendre que, lorsqu'un violent court-cir-

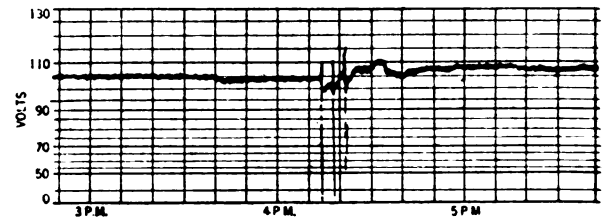


Fig. 4.

cuit se produit, les machines de la sous-station commencent à ralentir, et, quand le réglage est tel que les inducteurs soient coupés après 4 sec, ces machines sont très au-dessous de leur vitesse même avant que le court-circuit soit éliminé, ce qui augmente le délai du retour aux conditions normales.

On constate que, si l'on coupe les inducteurs de tous les alternateurs pendant 1 sec alors qu'il n'y a pas de défaut sur le réseau, il ne se produit aucune perte de charge.

Ce système a été reconnu en pratique très avantageux pour éliminer les courts-circuits entre barres collectrices principales, comme ceux qui sont parfois causés par le claquage d'un disjoncteur à huile ou l'amorçage accidentel d'un arc entre barres. Il favorise aussi la remise en marche d'un réseau après une panne générale; on opère alors en fermant tous les disjoncteurs à courant alternatif pendant que les inducteurs sont coupés, et, quand les circuits inducteurs se referment, tous les alternateurs se mettent en phase et ramènent le réseau entier à l'état normal, sans qu'il soit besoin d'avertissements téléphoniques, puisque la tension remonte graduellement et par suite ne risque pas d'endommager les machines qui peuvent être restées en service. On peut faire ainsi même dans les cas où l'arrêt a duré 10 ou 15 min. Quand plusieurs usines génératrices fonctionnent en parallèle, il n'y a pas de difficulté à obtenir l'ouverture simultanée de tous les interrupteurs d'excitation, puisque le court-circuit affecte toutes les usines en même temps. Il n'y a pas d'inconvénient sérieux à ce que certains de ces interrupteurs s'ouvrent un peu avant les autres, ou ne s'ouvrent pas.

L'auteur décrit un autre système permettant d'éliminer, sans arrêt des machines réceptrices, les courts-circuits qui n'affectent qu'une partie du réseau, comme ceux qui se déclarent sur des feeders de distribution à courant alternatif non reliés à d'autres feeders en dehors de la station, quand ces courts-circuits sont d'une nature telle qu'ils ne se rétablissent pas d'eux-mêmes une fois que l'arc a été éteint.

P. L.

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

La tourbe et l'industrie électrique

Après une esquisse rapide des causes de la crise actuelle du charbon, l'auteur préconise son remplacement par la tourbe dont il décrit d'abord la genèse; il donne ensuite une classification des tourbières basée sur les conditions de leur formation et distingue, de même, plusieurs espèces de tourbes suivant les plantes dont elles proviennent. L'article se termine par des indications détaillées sur la composition chimique, le pouvoir calorifique et les applications possibles de la tourbe en général avec une statistique détaillée de ses gisements européens.

L'influence de la guerre, si grande dans tous les domaines, se fait surtout sentir dans celui des combustibles. Leur consommation élevée, d'une part, et de l'autre, l'interruption ou la difficulté extrême des relations commerciales entre les différents pays, la lenteur et quelquefois l'arrêt momentané ou complet des transports intérieurs ont souvent provoqué des crises aiguës du combustible.

En parlant de combustible on entend généralement par là la houille, devenue depuis longtemps déjà le combustible le plus répandu et le plus apprécié aussi bien pour le chauffage que pour la production de la force motrice, en un mot le combustible par excellence qui laisse loin en arrière tous ses concurrents. En effet, le bois, combustible le plus anciennement connu et le seul employé jadis, ne peut même plus être pris en considération à l'époque actuelle où l'Europe déboisée voit disparaître les derniers vestiges de ses forêts, englouties par l'industrie insatiable du papier, un grand quotidien absorbant chaque année une vaste forêt. Il n'y a parmi les pays européens que ceux situés tout au Nord, à population rare, comme la Russie septentrionale par exemple, qui connaissent encore le chauffage au bois. Mais au point de vue industriel, ce combustible ne joue plus en Europe qu'un rôle insignifiant. Le naphte, combustible liquide, possède de grandes qualités. Malheureusement sa quantité insuffisante, son prix trop élevé et la difficulté de son transport empêchent son emploi de prendre un grand essor. D'autre part, la nécessité pour sa combustion de chaufferies spéciales ne permet pas de s'en servir conjointement avec d'autres combustibles. Ce ne sont donc que les usines voisines des lieux de son extraction qui l'emploient largement. Quant à la houille, elle était fournie jusqu'à la guerre en quantité assez abondante pour permettre le fonctionnement régulier des usines. Son emploi est très répandu malgré son prix relativement élevé, accru encore par les frais de transport, car tous les pays ne possèdent pas de gisements houillers.

La guerre changea brusquement la situation. Sans parler de la hausse excessive de la houille provoquée principalement par l'élévation extraordinaire de sa demande et l'augmentation des frets maritimes, tous les pays, les belligérants surtout, se plaignent du défaut du combustible. La France, qui n'en manqua jamais complètement, souffre néanmoins de son insuffisance. Afin d'atténuer la crise du combustible et de réserver celui-ci pour les usines de guerre, le gouvernement français vient de prendre des dispositions restreignant la consommation du gaz et de l'électricité.

La situation est pire encore en Russie. Malgré ses richesses naturelles quasi inépuisables, c'est elle qui souffre le plus du manque de combustible, car le défaut d'exploitation, d'une part, et le délabrement complet des transports, de l'autre, la placent dans une situation des plus critiques. Les trois sources principales dont elle tirait la houille avant la guerre étaient : les houillères du Dombrova, celles du Donetz et l'étranger. Or, l'occupation de la Pologne par les Allemands priva la Russie des houillères du Dombrova. Celles du Donetz furent obligées, par le manque de main-d'œuvre, de restreindre leur production. En outre la houille qu'elles extraient ne peut pas être transportée régulièrement ni en quantité suffisante dans les grands centres industriels par suite de la désorganisation des transports, circonstance qui a provoqué l'interdiction gouvernementale de construire de nouvelles usines dans les régions industrielles de Pétrograd et de Moscou dont les fabriques existantes s'arrêtent parfois faute de combustible. Enfin l'importation de la houille étrangère est rendue excessivement difficile sinon impossible par les événements actuels.

Quant aux autres pays tributaires de l'Allemagne et de l'Angleterre pour les combustibles, leur situation a également été aggravée par l'accroissement de la consommation de la houille dans les pays producteurs et par la diminution de l'exportation de ce produit qui en résulta. Ainsi l'exportation de la houille par l'Angleterre, pendant les sept premiers mois de l'année courante, a été de 3 millions de tonnes environ, soit de 11 pour 100 inférieure à celle des mois correspondants de l'année dernière, malgré son accroissement en valeur de près de 155 millions de francs ou de 98 pour 100.

La situation critique, créée par le manque de ce combustible généralement employé, exige impérieusement l'utilisation la plus complète de tous les autres

Digitized by Google

combustibles : lignite, tourbe, charbons de qualités inférieures, etc., ainsi que des sources naturelles de force motrice, telles que : force hydraulique dans toutes ses variétés « houilles blanche, verte, bleue », etc., et celle du vent. L'électricité permet d'utiliser rationnellement toutes ces sources d'énergie qui, transformées en énergie électrique, franchissent de grandes distances pour alimenter les centres industriels.

Dans la présente étude nous nous arrêterons sur la tourbe, ce combustible peu connu jusqu'à présent, mais dont l'exploitation rendrait de très grands services. La production de la tourbe pourrait, en effet, atteindre de grandes proportions grâce à l'emploi de l'électricité. C'est donc à un double point de vue que la tourbe intéresse l'industrie électrique : 1° en tant que combustible, employé dans les centrales électriques ; 2° comme un nouveau champ d'action que son exploitation ouvre à l'électricité.

La formation de la tourbe. — Qu'est-ce donc au juste que la tourbe? Comment se forme-t-elle? De quoi se compose-t-elle? La tourbe est une substance végétale, formée par les différentes plantes en décomposition. Son origine remonte à des époques plus ou moins reculées. MM. P.-R. Bjorling et E.-F. Gissing expliquent de la façon suivante la formation de cette substance.

A mesure que les plantes grandissent, les parois intérieures de leurs cellules s'épaississent jusqu'à arrêter la respiration et l'assimilation des cellules et provoquer ainsi leur mort. La plante commence alors à se décomposer : tout d'abord disparaît le protoplasme, puis les parois des cellules et enfin les fibres spiralées. Parallèlement à ces modifications physiques, la plante devient le siège de phénomènes chimiques. L'oxygène, contenu dans les cellules, devient après leur mort un agent de fermentation des substances azotées dont résultent l'ammoniaque, l'hydrogène sulfuré et l'hydrogène phosphoré. Les substances privées d'azote, telles que sucres et amidons, se transforment en acides. Enfin les parois des cellules, trop tendues par tous ces produits de décomposition, éclatent et laissent s'échapper les composés gazeux. Alors, la matière végétale, restée jusque-là intacte, se transforme en acides parmi lesquels se trouve l'acide carbonique, tandis que les composés solubles se dissolvent lentement. A la fin, la cellule se vide complètement de son contenu ; avec la perte de la chlorophylle disparaît également la couleur verte, si la plante l'avait auparavant. Puis, commence la décomposition des parois cellulaires dont la rapidité dépend de la quantité de sels de calcium, de silicates et de matières résineuses difficilement solubles qui les incrustent ainsi que de l'acidité des solutions végétales acides qui les baignent. Enfin, peu à peu, sous l'action de l'oxygène, de la vapeur d'eau et de l'anhydride carbonique, il se forme une masse contenant beaucoup de carbone et un peu d'hydrogène et d'oxygène, combinés généralement sous la forme d'ulmine brun jaune qui souvent se transforme par oxydation en humine brun pâle. La substance végétale présente alors un mélange d'ulmine, d'humine et de fibres spiralées. La dernière étape, qui consiste dans la destruction de ces dernières, ainsi que de quelques tissus très résistants qui subsistent encore, est activée par l'action du froid et de l'humidité. Le froid désagrège les fibres, tandis que la substance noire moisie absorbe l'eau jusqu'à la saturation et tombe ensuite au fond de l'étang ou du marais. En s'y accumulant peu à peu et sous l'influence de la pression, elle se carbonise lentement et absorbe les substances bitumeuse et résineuse. Au bout de quelque temps, elle devient cette masse plus ou moins foncée qu'on appelle la tourbe.

Conditions de la formation de la tourbe. — Pour que cette transformation de la plante en tourbe, qui dure souvent des siècles, puisse avoir lieu, certaines conditions sont nécessaires.

1° Il faut d'abord qu'il y pousse des plantes aquatiques ou aimant l'humidité, telles que : mousses (spécialement le Sphagnum et l'Hypnum), bruyères, roseaux, sauges, herbes, ou arbres. La qualité de la tourbe dépend beaucoup, comme on le verra plus loin, des plantes dont elle est formée. Quelquefois la végétation d'une tourbière se modifiant au cours des siècles, la tourbe qui en provient se compose de plusieurs couches différentes.

2° Il faut ensuite un sol et un sous-sol qui retiennent l'eau à la surface. En effet, l'eau, nécessaire à la décomposition des végétaux, sert aussi à empêcher l'accès de l'air dont l'oxygène provoquerait l'oxydation complète des substances organiques et ne laisserait plus que des matières minérales. Les tourbières se rencontrent donc généralement dans les dépressions du sol peu profondes et possédant soit un fond d'argile, soit — lorsque le sol est perméable, sablonneux par exemple — un sous-sol imperméable. L'eau doit être tranquille et exempte de courants, sans, toutefois, être stagnante ; les tourbières se forment donc fréquemment dans les lacs qui se comblent graduellement d'alluvions et de plantes aquatiques, devenant ainsi propres à la végétation caractéristique de la tourbe. Aussi les tourbières se rencontrent-elles plus souvent sur les terrains bas. Cependant on en trouve aussi dans des régions montagneuses dont le drainage est arrêté au point de former des accumulations d'eau.

3° Une troisième condition de la formation des tourbières est une atmosphère assez humide pour empêcher l'évaporation trop rapide. En outre, l'humidité favorise le développement de la flore spéciale des marais et spécialement des mousses. Ces dernières sont surtout abondantes sur les marais boisés, car l'air est plus humide sous les arbres que dans la plaine découverte.

4° Enfin la température doit être assez élevée pour favoriser un développement rapide de la végétation sans toutefois provoquer une décomposition trop rapide des plantes mortes.

Classification des tourbières. — Les tourbières se divisent en *tourbières de plateaux* et *tourbières de vallées*.

Digitized by Google

1° La tourbe des premières se compose des débris des arbres, des mousses, des bruyères, etc .. Par suite de la propriété des sphaignes d'absorber l'humidité, ces tourbières ressemblent à d'énormes éponges retenant de grandes quantités d'eau qui favorise la croissance d'une nouvelle végétation. Dans de bonnes conditions elles peuvent atteindre des profondeurs considérables, surtout dans leurs parties centrales où le drainage est plus lent et la croissance de la mousse plus rapide. Ces parties sont souvent beaucoup plus élevées que le reste de la tourbière ; la différence atteint quelquefois jusqu'à 15 m.

2° *Les tourbières des vallées* sont formées par les débris des herbes, des laiches, des joncs et des roseaux. Elles se rencontrent fréquemment dans les régions inondées de temps en temps ou même périodiquement.

3° Souvent, les conditions dans lesquelles les tourbières sont formées se modifient, amenant des végétations différentes. Les tourbières de cette nature, formées de couches différentes, portent le nom de *tourbières mixtes*.

La qualité de la tourbe dépend de son âge et des plantes qui la forment. Les couches les plus récentes sont plus claires, de densité plus faible et de valeur combustible moindre. Les couches plus profondes et les tourbières plus anciennes se composent d'une tourbe allant du brun au noir, lourde et bien humidifiée. Enfin les couches les plus profondes contiennent une tourbe dense, noire, brunâtre, dont on ne distingue presque plus la provenance et qui forme un bon combustible.

Classification des tourbes. — On distingue, suivant les plantes qui les composent, deux sortes de tourbes : 1° tourbes de mousse et 2° tourbes d'herbe. Chacun de ces deux groupes contient trois subdivisions :

1° Les *tourbes de mousse* se divisent en :

a) *Tourbe de sphaignes*, très résistante à l'humidification par suite de la porosité des sphaignes et de sa composition, la cellulose ne contenant que peu d'albumine. Les sphaignes poussant sur un terrain ou dans l'eau contenant peu de principes nutritifs, cette tourbe est pauvre en matières inorganiques et laisse peu de cendres en brûlant. Elle fournit un bon combustible quoique léger, poreux et difficile à sécher. La mousse et la tourbe de sphaignes sont fréquemment employées dans l'industrie de la litière, pour la fabrication de papier, d'alcool, de matières de construction, de bourrage, d'empaquetage et d'isolation ainsi que pour les besoins médicaux, etc.

b) *Tourbe d'hypnes* qui se forme sur les terrains ou dans l'eau, riches en chaux. Les hypnes possédant des cellules à parois épaisses sans pores et privées de cellules spiralées n'absorbent pas l'humidité aussi facilement que les sphaignes. Cette tourbe s'humidifie lentement, laisse en brûlant beaucoup de cendres (8 à 30 pour 100) et une fois sèche tombe facilement en morceaux. Pour en faire un bon combustible on la mélange à d'autres sortes de tourbe, pauvres en cendres. Les terrains des tourbières d'hypnes sont riches en azote, en chaux et autres matières nourrissantes et conviennent bien à l'agriculture.

c) *Tourbe de mousse forestière*, formée par les mousses, les bruyères et les débris des arbres. Elle s'humidifie facilement, mais a peu de cohésion. On en prépare un bon combustible en la réduisant en pâte dont on forme ensuite des briquettes. Sa teneur en cendres va de 5 à 8 pour 100. Les terrains de ces tourbières, riches en azote, sont également bons pour l'agriculture.

2° Les *tourbes d'herbes* se divisent en :

a) *Tourbe de mer*, formée de débris de phragmites, scirpes et prêles, mêlés souvent à ceux de méniantes, nymphées, etc., et même à des débris de poissons et d'oiseaux. Elle s'humidifie facilement mais jamais entièrement. Elle contient beaucoup d'azote, de chaux et d'autres matières inorganiques et laisse en brûlant de 8 à 10 pour 100 de cendres. On en fabrique un combustible lourd et compact.

b) *Tourbe de laiches*, formée par les débris de différentes plantes de la famille des laiches, mélangés à ceux de mousse et d'autres végétaux. Son contenu en cendres, très variable et dépendant des conditions locales, va de 3 à 25 pour 100. Cette tourbe, quelquefois lourde, noire et compacte, d'autrefois poreuse, légère, et à cohésion faible, ne donne un bon combustible que lorsqu'elle contient peu de cendres. Par contre, les terrains de ces tourbières conviennent bien à l'agriculture.

c) *Tourbe d'ériophores*, formée principalement de débris de ces plantes, est celle qui donne le meilleur combustible lourd, noir et compact. Elle sèche rapidement et ne laisse que peu de cendres (de 0,75 à 4 pour 100).

Une autre classification des tourbes prend pour base leur contenance en cendres ou en substances minérales, distinguant les tourbes à argile, à sable, à chaux, etc...

Composition de la tourbe. — Au point de vue chimique la tourbe qui provient des végétaux se compose comme eux de carbone, d'hydrogène, d'oxygène, d'azote, de phosphore, de soufre, etc... Du moins telle est la composition de la tourbe fraîche, prise dans des couches supérieures, car, à mesure que la décomposition avance, quelques-uns de ces éléments disparaissent ; les uns se volatilisent sous forme de gaz tels que CO^2, AzH^3, les autres, comme le potassium et le phosphore, sont emportés par l'eau. Les substances organiques, en se décomposant, se transforment en amides, leucites, etc... Il se forme ensuite de l'hydrogène sulfuré et du méthane ou gaz des marais qui, plus lourd que l'air, reste à la surface des marais. Le carbone, l'azote et les substances qui

Digitized by Google

forment les cendres augmentent en quantité. Le petit tableau ci-dessous montre ces transformations dans les tourbes, prises à diverses profondeurs, et par conséquent d'âges différents.

PROFONDEURS	ANALYSE DE LA TOURBE SÉCHÉE A 100°				
	C	H	O	Az	cendres
30 cm	53 50	5 95	34 75	1 50	4 50
1.50 m	55 60	5 60	32 70	1 40	4 70
2.50 m	59 10	5 50	28 50	1 70	5 20

NOTA. — Le contenu en cendres est encore plus variable, comme nous l'avons vu, dans les différentes sortes de tourbes; il est considéré comme faible s'il est inférieur à 5 pour 100 et comme fort s'il dépasse 8 pour 100 de la tourbe parfaitement sechee.

Cet autre tableau, dû au prof. Klason de Stockholm, donne la composition et la valeur calorifique moyenne de la tourbe, absolument sèche et exempte de cendres, ainsi que le pourcentage d'humidité qui y reste après le séchage à l'air, accompagnées des mêmes données pour les autres combustibles.

COMPOSITION	BOIS	TOURBE	LIGNITE	HOUILLE SÉCHÉE	HOUILLE ANGLAISE GÉNÉRATEUR
Carbone	52.0	58.0	66.0	78.0	81.0
Hydrogène	6.2	5.7	4.6	5.1	5.2
Oxygène	41.7	35.0	28.0	14.8	11.5
Soufre				0.8	1.0
Azote	0.1	1.2	1.0	1.3	1.3
Calories	4900	5700	6000	7800	8000
Humidité	20.0	22.0	25.0	11.5	7.6

Vue sous le microscope, la tourbe fraîche est composée de cellules, remplies et entourées d'une substance gélatineuse, nommée l'hydrocellulose, en quantité d'autant plus grande que la décomposition des végétaux est plus avancée, c'est-à-dire que la tourbe est plus ancienne. En se desséchant, l'hydrocellulose colle entre elle les particules de la tourbe et retient énergiquement l'eau qui y est contenue. Une tourbière bien drainée contient de grandes quantités d'eau et de 10 à 15 pour 100 seulement de tourbe sèche. La tourbe parfaitement seche conserve encore de 15 à 25 pour 100 d'eau. Cependant on emploie, pour les besoins domestiques, la tourbe avec 25 à 30 pour 100 d'eau et, dans l'industrie, même celle qui contient jusqu'à 45 pour 100 d'humidité.

Pour réduire à ces limites l'eau contenue dans la tourbe, on fait subir à cette dernière une préparation spéciale avant de l'employer comme combustible. Après avoir drainé la tourbière pour en enlever ainsi une partie de l'eau, on extrait la tourbe soit simplement à la main, soit par des machines. Il existe plusieurs procédés aussi bien pour le drainage des tourbières et pour l'extraction de la tourbe que pour le séchage et la préparation de cette dernière dont nous parlerons dans un article spécial.

EMPLOIS DE LA TOURBE. — Nous avons déjà indiqué quelques emplois de la tourbe dont les principaux sont : la fabrication de la mousse litière, du papier, de l'alcool, des matières de construction (bois de tourbe), de bourrage et d'isolation, du poussier pour empaquetage et pour les besoins sanitaires (la désinfection et le filtrage de l'eau), de la ouate et des tissus employés dans les hôpitaux, à cause de leurs propriétés désinfectantes, de la poudre employée pour le pansement des animaux, de la mélasse pour leur nourriture, etc... Ces emplois ont une importance variable. Ainsi la fabrication de la mousse litière est déjà très répandue, celle du papier qui se développe surtout aux États-Unis semble avoir devant elle un grand avenir; l'utilisation du poussier de la tourbe pour l'empaquetage a donné de forts bons résultats, notamment pour les fruits qu'il préserve de toute avarie; les propriétés désinfectantes de la tourbe lui ouvrent un vaste champ d'action dans le domaine de l'hygiène, etc... Sans nous arrêter plus longuement sur ces matières, signalons encore le procédé, expérimenté dernièrement et qui semble permettre la production, à l'aide de la tourbe, à raison de 18000 tonnes par an et par hectare de tourbe, de nitrates capables de remplacer les fameux engrais du Chili.

Cependant tous ces emplois sont encore plus ou moins à l'état expérimental. On doit donc reconnaître que c'est l'utilisation de la tourbe comme combustible qui est de beaucoup la plus importante. Il est vrai qu'on ne brûle guère la tourbe pour le chauffage des habitations que dans le voisinage des tourbières et en se servant de poêles spéciaux. Mais l'emploi de ce combustible atteint la plus grande importance dans : 1° la distillation dans les gazogènes qui fournit, en plus des gaz pour les moteurs à combustion interne, des produits secondaires; 2° dans la combustion dans les chaufferies spéciales des centrales électriques. L'électrification des tourbières, c'est-à-dire l'installation dans leur voisinage de grandes centrales électriques et l'application de l'électricité à leur exploitation, permet de rendre rapidement à l'agriculture le sol, occupé jusque-là par des marécages, opération qui aurait exigé avec les anciens procédés des dizaines et des centaines d'années, et qui a également pour résultat l'assainissement des régions environnantes, ce qui a une importance très grande, les marais étant le plus souvent des foyers de maladies et particulièrement d'une fièvre connue sous le nom de malaria.

Or ce point n'est pas à négliger lorsqu'on considère l'étendue considérable des tourbières dont les chiffres suivants donneront une idée. On évalue à plus de 50 millions d'hectares la surface occupée par les tourbières en Europe, à 10 millions environ au Canada et à

Digitized by Google

près de 8 millions aux États-Unis. En prenant la répartition des tourbières européennes par pays, nous trouvons :

PAYS.	HECTARES	POURCENTAGE PAR RAPPORT A LA SURFACE TOTALE DU PAYS
Russie d'Europe	38 500 000	7 pour 100
Finlande	7 650 000	20 Id.
Suède	5 600 000	12,5
Allemagne	2 500 000	1,2
Norvège	1 750 000	5
Irlande	520 000	5,8
Danemark	258 000	6,2
Autriche-Hongrie (sans compter la Galicie et le district de Saltzburg)	31 800	

Ce tableau, emprunté au « Bulletin officiel de la Société technique russe », omet les autres pays de l'Europe dont quelques-uns, comme la Hollande par exemple, sont cependant riches en tourbe. De même, le chiffre, pourtant énorme, donné pour la Russie, ne comprend ni le Caucase, ni les immenses tourbières de la Sibérie. La France n'y figure pas non plus, quoiqu'elle ne soit pas privée de tourbe. En effet, la surface totale des tourbières françaises atteint 38 000 hectares. Leur répartition est fort inégale. On en trouve dans vingt-deux département dont les plus riches sont la Loire-Inférieure, la vallée de la Somme, et une partie du Finistère. Le tableau ci-dessous donne la répartition des tourbières en France par départements.

DÉPARTEMENTS	SURFACES EN TOURBIÈRES [1] EN HECTARES
Loire-Inférieure	7 293
Somme	2 806
Finistère	2 600
Basses-Alpes	1 290
Pas-de-Calais	1 100
Oise	1 000
Aisne	1 000
Manche	873
Seine-et-Oise	570
Savoie	306
Bouches-du-Rhône	269
Charente-Inférieure	263
Ain	238
Landes	191
Gironde	157
Loir-et-Cher	133
Gard	104
Alpes-Maritimes	35
Territoire de Belfort	5
Jura	non évaluées

[1] Tableau emprunté à la « Revue générale des Sciences » du 30 mai 1914 et complété par des données plus récentes.

Or, quel est l'état actuel de l'exploitation des tourbières dans ces divers pays? La Russie qui est le pays le plus riche en tourbe est en même temps celui où l'exploitation de cette dernière est le plus avancée. Il y existe plus de 1 300 fabriques de tourbe à la machine dont beaucoup appartenant au gouvernement. Avant la guerre, l'extraction annuelle de la tourbe en Russie ne dépassait pas 1,3 million de tonnes (ce qui correspond à 0,3-0,4 million de tonnes de houille). Actuellement, l'exploitation de la tourbe occupe beaucoup les milieux industriels et techniques russes qui comptent décupler bientôt sa production. Il existe en Russie plusieurs Sociétés et Revues qui s'occupent spécialement de cette question. Le ministère de l'Agriculture publie lui-même la « Revue industrielle de la tourbe ». En ce moment l'extraction de la tourbe intéresse plus particulièrement le centre industriel de Moscou, qui souffre beaucoup du manque de combustible. La construction d'une puissante usine génératrice d'électricité est sur le point d'y être réalisée et une Société, nommée « Électro-Coopérative » vient d'être formée dans ce but par les fabricants de Moscou. Cette usine, qui sera des plus perfectionnées, utilisera les procédés employés dans les installations de Wismoor et fera venir de la Suède des machines perfectionnées pour l'extraction de la tourbe.

Le Canada est le second par la richesse de ses gisements de tourbe. Leur exploitation, quoique de date récente, se développe rapidement, activement favorisée d'ailleurs par le gouvernement. Ce dernier a même pris une mesure qui semble devoir être d'une grande utilité ; il a envoyé en 1907 en Europe une Commission, dirigée par l'ingénieur E. Nystrom et chargée d'étudier les tourbières européennes et leur exploitation. Les résultats de ces recherches furent relatés dans un rapport intéressant qui reste jusqu'ici l'ouvrage le plus complet en la matière, et dont s'inspirent la plupart des auteurs d'ouvrages sur la tourbe [1].

La Suède, qui est privée de houille, utilise largement ses tourbières. Un service spécial d'ingénieurs est attaché au département de l'Agriculture afin d'étudier les procédés nouveaux, seconder les inventeurs, etc... D'importants prix sont décernés à ces derniers. Une installation expérimentale a été construite à Koskivara et une école subventionnée fondée à Markaryd, destinée à former les directeurs et les conducteurs d'usines d'utilisation de la tourbe. Enfin un crédit de plusieurs millions, alimenté par le gouvernement et les municipalités, sert à subventionner les entreprises d'exploitation des tourbières.

La situation est sensiblement la même en Norvège. L'exploitation des tourbières est également développée en Danemark, où elle est favorisée par le climat, et se développe peu à peu en Finlande.

[1] Nous saisissons cette occasion pour exprimer notre reconnaissance à M. Sauvalle, traducteur en chef des publications du ministère des Mines du Canada, qui a bien voulu nous envoyer le rapport de M. Nystrom ainsi que tous les autres renseignements sur la tourbe canadienne.

Digitized by Google

La Hollande utilise depuis des siècles la tourbe comme combustible. De nombreuses tourbières y sont déjà dégagées et offertes à l'agriculture. La production annuelle y dépasse 1 million de tonnes. On évalue à 400 km la longueur des canaux navigables et à 800 km celle des canaux de drainage, établis dans les tourbières hollandaises depuis cinquante ans. Leur coût s'est élevé à 45 millions de francs environ, dont les 3/4 ont été supportés par l'État et les provinces. La tourbe est très employée en Hollande de préférence à la houille, importée de l'Allemagne et de l'Angleterre et qui coûte cependant meilleur marché.

En Irlande, les tourbières, fort nombreuses, sont encore peu exploitées, quoique le département de l'Agriculture et de l'Instruction technique assiste les entrepreneurs et les inventeurs.

La question de la tourbe est moins importante en Allemagne qui est riche en houille et en lignite. Cependant l'exploitation des tourbières y est bien développée. Il y existe beaucoup d'installations, outillées avec tous les perfectionnements modernes. Nous avons déjà cité la centrale électrique de Wiesmoor qui permet la mise en culture de vastes terrains. Les ingénieurs allemands ont beaucoup contribué au perfectionnement des machines et à l'amélioration des procédés. Le gouvernement dirige plusieurs fermes expérimentales pour la culture des tourbières et subventionne une Société qui travaille à l'avancement de cette science. Il a établi également des canaux, destinés à faciliter le transport de la tourbe, employée — conjointement avec le lignite — par les chemins de fer.

L'Autriche a aussi plusieurs fermes expérimentales, qui s'occupent de la culture des tourbières et de l'utilisation de la tourbe, à Sebastienberg, Laibach, Klagenfurt, Admont, Stergung et Vienne. Une Société d'études y poursuit des recherches.

En France l'exploitation des tourbières n'a jamais atteint de grandes proportions. Cependant sur 38 000 hectares environ de tourbières, 30 000 hectares formés par 500 tourbières, sont en voie d'exploitation. Cette surface diminue d'année en année au profit de la culture. L'exploitation est régie par la loi du 10 avril 1810, art. 83 et 85. La France exporte annuellement 150 à 160 tonnes de tourbe, mais pour en importer 25 000. Une plus large exploitation des tourbières françaises trouverait donc un marché d'écoulement suffisant dans le pays même.

J. VICHNIAK.
Ingénieur E. S. E.

Assemblées générales

Sud-Électrique.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 14 DÉCEMBRE 1916.

La Société, malgré une certaine stagnation des recettes de lumière et de celles spéciales provenant de sa clientèle agricole qui est, comme on le sait, particulièrement développée par rapport à d'autres réseaux, a continué à bénéficier de sa situation privilégiée au point de vue de l'origine hydraulique de son énergie. De nouvelles industries travaillant pour la défense nationale sont venues s'établir sur son réseau, d'autres ont renforcé leurs installations antérieures ou ont vu se substituer complètement l'énergie électrique à leurs moyens propres de production vapeur. Le nombre total des kilowatts-heure livrés au réseau s'est élevé à 30 210 216 contre 28 323 061 pour l'exercice précédent et en diminution seulement de 1 145 460 sur celui de l'exercice 1914-1915.

La presque totalité du courant a été fournie par l'énergie électrique du Littoral méditerranéen, par la Société d'électricité de la vallée du Rhône et par la Société des forces motrices de la Vis.

La Société exploite actuellement 1 622 km de lignes, dont 1 232 en haute tension et elle alimente, directement ou indirectement, 191 communes englobant 23 642 abonnés et 3 450 moteurs, représentant une puissance de 9 960 kw, soit au total une puissance installée de 19 050 kw.

Les recettes d'exploitation ont été, pour l'exercice, de 2 636 619 fr, laissant un bénéfice brut d'exploitation de 1 165 196 fr en augmentation de 261 959 fr sur 1914-1915.

Le compte de profits et pertes se balance par un solde bénéficiaire de 728 148 fr qui a été employé à diverses réserves et amortissement pour une somme totale de 265 530 fr et à la répartition d'un dividende de 4 pour 100 aux actions de priorité. — Le solde de 67 618 fr a été reporté à nouveau.

BILAN AU 30 JUIN 1916.

Actif.

	fr
Frais de constitution et augmentation du capital.	1 »
Dépenses générales de premier établissement (concessions, usines, réseaux, etc.	20 405 815 »
Forces motrices de la Vis	1 719 928,75
Chute Haute-Vis	87 054,55
Mobilier, outillage et moyens de transport	6 903,65
Compteurs et installations en location	646 390,75
Approvisionnements	423 727,66
Portefeuille	1 539 000 »
Caisses, banques et bons de la Défense nationale.	1 627 736,17
Débiteurs divers et effets à recevoir	544 853,43
Cautionnements	15 150 »
Frais d'émission et prime de remboursement des bons 6 pour 100	37 670 »
Prime de remboursement des obligations	512 600 »
Droits de transmission actions de priorité	51 655,90
Droits de transmission actions ordinaires	11 743,71
Avances sur travaux en cours	38 970 »
	27 669 301,28

Digitized by Google

Passif.

	fr
Capital :	
39500 actions de priorité de 250 fr chacune... / 4500 actions ordinaires de 250 fr chacune...	11 000 000 »
Obligations 5 pour 100 (ancienne série).....	635 000 »
— — (nouvelle série).....	9 871 000 »
Bons 6 pour 100, échéance 1er juillet 1918.....	1 000 000 »
Réserve légale.....	58 104,18
Réserve générale pour amortissement.....	400 000 »
Réserve d'amortissement par remboursement d'obligations.....	167 170 »
Fournisseurs et créanciers divers.....	3 400 852,73
Coupon actions n° 1.....	4 657,28
Obligations à rembourser et coupons obligations échus.....	218 209,16
Compte d'ordre.....	186 059,15
Profits et pertes reportés.....	308 978,79
Profits et pertes de l'exercice.....	419 169,97
	27 669 201,38

Tréfileries et laminoirs du Havre.

ASSEMBLÉES GÉNÉRALES ORDINAIRE ET EXTRAORDINAIRE DU 22 DÉCEMBRE 1916.

On sait le rôle considérable que jouent dans les fabrications de la guerre les établissements de laminage et les tréfileries de certains métaux ou alliages tels que le laiton, l'aluminium, le bronze, et la production intensive qui est demandée actuellement à ces industries. Les Tréfileries et Laminoirs du Havre, pour satisfaire aux besoins croissants des services de la guerre, ont quadruplé la puissance de production et la main-d'œuvre de leurs usines anciennes : elles ont de plus participé à la création ou au développement d'entreprises nouvelles telles que : la Manufacture générale des Munitions — la Société des Couleurs métalliques et de l'Aluminium laminé — et en Italie — Trefilerie e Laminatori di Metalli — complétant ainsi par de nouvelles spécialités certaines des leurs.

L'élévation prodigieuse du cours des métaux a nécessité également de la part des Tréfileries du Havre un effort financier considérable : le cuivre électrolytique à Paris a progressé de 163 fr au 30 juin 1914 à 450 fr à l'heure actuelle et le zinc qui est coté 210 fr a quadruplé de valeur.

Ces variations extrêmement rapides des cours exigeaient une grande prudence dans la direction financière, en raison des risques que pouvaient faire courir une brusque baisse des métaux. Aussi voyons-nous la Société prélever une somme de 2 000 000 de francs sur les bénéfices à répartir afin de porter à 3 000 000 la provision pour fluctuation des cours des métaux.

Le solde du compte profits et pertes s'élève pour l'exercice à 9 838 774 fr et le montant des bénéfices à 8 146 864 fr en augmentation de 1 638 703 fr.

Ces bénéfices ont été employés pour 1 690 720 fr à l'amortissement des bâtiments et du matériel et à l'augmentation de 2 millions, comme dit précédemment, de la provision pour fluctuation des cours des métaux. Un dividende de 15 pour 100 a été distribué aux actions et, après les prélèvements statutaires, le report à nouveau, en y comprenant celui de l'exercice précédent, se monte à 385 530 fr.

L'Assemblée générale extraordinaire, qui s'est tenue le même jour, a reconnu la déclaration de souscription de 50 000 actions nouvelles, représentant le capital nominal de 5 millions de francs, montant de l'augmentation du capital de 25 à 30 millions décidée en août par le Conseil d'administration.

Une nouvelle Assemblée générale extraordinaire a été convoquée le 6 février, en vue de décider la répartition des sommes provenant de trois primes d'émission d'actions, de voter des augmentations du capital jusqu'à 60 millions de francs et de modifier les statuts en conséquence.

Nous donnons ci-dessous le bilan au 30 juin 1916.

BILAN AU 30 JUIN 1916.

Actif.

	fr
Immobilisations :	
Usine du Havre :	
Terrains, bâtiments et matériel.....	26 559 616,30
Usine de Rugles :	
Terrains, bâtiments et matériel.....	2 225 853,66
Usines de Saint-Maurice et de Dijon (C. E.) :	
Terrains, bâtiments et matériel.....	4 889 381,87
Usines de Charleval, La Praz, Paris (A. L.) :	
Terrains, bâtiments et matériel.....	629 750,91
A déduire :	
Amortissements.....	15 495 291,43
	18 809 211,21
Siège social :	
Matériel de bureau..... / Etudes, essais, recherches, brevets..... / Prime de remboursement des obligations.	854 791 »
Valeurs disponibles :	
Caisses.... / Banquiers. \	8 661 689,63
Valeurs à réaliser :	
Titres en portefeuille.....	7 754 428,51
Clients et débiteurs divers. / Effets à recevoir..... / Cautionnements.....	106 326 471,09
Cuivres en magasin et en cours de route : 2000 tonnes, stock réglementaire, comptées au prix fixe de 50 liv. st. la tonne anglaise...	2 480 000 »
Existence en excédent pour l'exécution des commandes en cours.....	20 990 817,75
Métaux divers, marchandises générales, approvisionnements, combustibles.....	9 378 030,75
	175 165 439,94

Passif.

	fr
Capital.....	25 000 000 »
Réserves :	
Réserve légale.....	2 500 000 »
Réserve extraordinaire.....	13 200 000 »
Obligations amorties (réserve).....	3 128 750 »
Provisions :	
Provision pour fluctuation des cours des métaux en dehors des 2000 tonnes de cuivre comptées à 50 liv. st.....	1 000 000 »
Obligations restant à rembourser (valeur nominale).....	7 584 500 »
Créditeurs divers :	
Coupons d'actions et d'obligations échus et obligations amorties exigibles.....	845 940 »
Effets et Warrants à payer.....	45 989 973,45
Fournisseurs et divers.....	66 047 501,68
Profits et pertes :	
Reliquat de l'exercice précédent.....	1 721 909,86
Exercice 1915-1916, déduction faite de la provision pour contribution sur bénéfices de guerre jusqu'au 30 juin 1916.....	8 146 864,70
	175 165 439,94

Digitized by Google

Revues, analyses et informations

Les forces hydrauliques de la Suède (1).

La Suède est un des pays de l'Europe les plus riches en force motrice hydraulique. On évalue, en effet, à 6,3 millions de chevaux la puissance développée par ses cours d'eau, dont plus de trois millions par ceux situés au nord de Dalälfven. En outre, grâce à l'existence dans ce pays, de nombreux lacs, les fleuves suédois possèdent un débit relativement uniforme et leur cours n'est presque jamais torrentiel comme cela arrive souvent dans les fleuves alpins. Ces lacs offrent en outre un moyen facile et bon marché de régler le débit moyen qui a déjà été utilisé dans beaucoup de régions. Les grands lacs fournissent aux cours d'eau les plus importants 75 pour 100 en moyenne de leur débit et la surface totale des lacs forme 10 pour 100 environ de tout le territoire arrosé de la Suède.

En outre la plupart des grands lacs étant situés sur des plateaux élevés, leur influence se fait sentir sur une partie relativement longue des cours d'eau avec lesquels ils communiquent. Les lacs et les fleuves suédois possèdent ordinairement des rives hautes et escarpées, de sorte que leur régulation cause rarement des dommages aux pays environnants. On a calculé que la régulation de tous les lacs importants de la Suède n'exigeait la submersion que d'un millième de sol cultivable. Suivant les dix projets présentés de régulation des grands lacs, dont quelques-uns admis, d'autres refusés, l'emmagasinage reviendrait au total à 0,2 öre (0,28 centimes) par mètre cube d'eau. Or, ces lacs sont situés à 200 m au-dessus du niveau de la mer. Le coût d'emmagasinage d'eau par chaque cheval-vapeur reste toujours à peu près le même, variant entre 50 et 100 kroners (70 et 140 fr.)

Depuis des siècles, les forces hydrauliques de la Suède ont été un des facteurs les plus importants de son développement industriel, surtout là où leur utilisation était accompagnée de l'exploitation des richesses minérales et des forêts. Déjà, en 1400, la force hydraulique fut employée dans l'industrie du fer dont le centre se trouve actuellement dans la partie centrale de la Suède. En 1870 elle commença à être utilisée par l'industrie de la pulpe de bois qui se développa largement dans les parties méridionales et centrales de la Suède occidentale et s'étendit même dans le Norrland jusqu'à Lulea. Les industries textile et meunière emploient également une grande quantité de force hydraulique.

Les progrès, atteints au cours des vingt dernières années par la transmission de l'énergie ainsi que par l'électrométallurgie et l'électrochimie, ont également contribué au développement de l'emploi de la force hydraulique. Actuellement, les régions du sud, du sud-ouest et du centre de la Suède sont couvertes de réseaux de distribution électrique qui transmettent l'énergie produite par les chutes d'eau, aux villes et usines qui l'utilisent aussi bien pour les besoins municipaux que pour ceux de l'industrie. Ces réseaux de distribution appartiennent pour la plupart à des compagnies privées, mais il y en a quelques-uns qui sont la propriété de l'État et des municipalités. Les principaux (en allant du Sud au Nord) sont : Hemsjö Kraft Aktie Bolag, Sydsvenska Kraft Aktie Bolag, Yngredsfors Kraft Aktie Bolag, Trollhätte Works (appartenant au Gouvernement), Gullspangs Kraft Aktie Bolag, Wärmlands, Svartälfvens, Orebro, K. A. B., etc. (les quatre derniers situés dans la Suède centrale), l'usine génératrice de Forsse, Alfkarleby et Porjus (les deux dernières appartenant au Gouvernement).

La longueur totale des principales lignes de transmission suédoises atteint 5 000 km. L'installation des hauts fourneaux électriques a déjà été effectuée à Domnarfvet, à Hagfors et à Trollhättan et projetée dans quelques autres endroits où l'on prépare l'acier. D'autres usines électrochimiques ont été construites à Alby et à Ljunga pour la préparation des carbures de calcium et de la cyanamide calcique : à Gullspang, à Vargön et à Trollhättan pour celle du ferrosilicium, du manganèse, etc. ; à Trollhättan encore pour le zinc ; à Mansbo et à Alby pour les chlorates. Enfin en 1915 on commença l'électrification générale des chemins de fer, par l'installation de la traction électrique sur la ligne desservant les mines de Kiruna qui fait partie des chemins de fer de l'État et qui emprunte l'énergie nécessaire à l'usine hydro-électrique de Porjus.

Le tableau suivant indique les principales installations hydrauliques de la Suède :

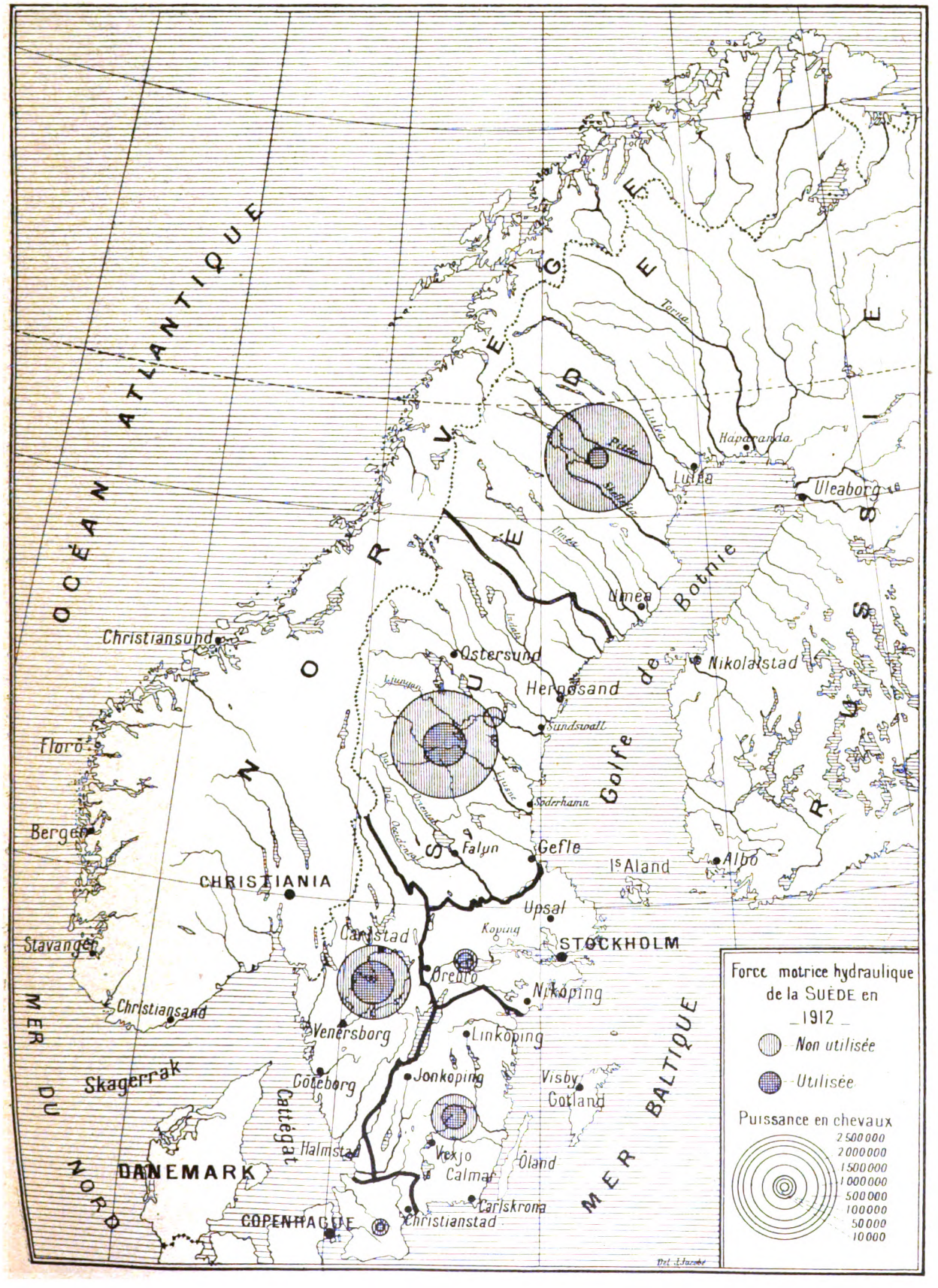
NOMS	PROPRIÉTAIRES	TURBINES INSTALLÉES (CH.)
Trollhättan.	Etat.	80 000 (110 000)
Alfkarleby.	Etat.	52 000
Untra.	Ville de Stockholm.	38 000
Porjus.	Etat.	37 500
Bullerforsen.	St Kopparbergs Bolag.	30 000
Laga Alf (3 usines)	Sydsvenska K.A.B.	27 800
Kvarneveden.	St Kopparbergs Bolag.	20 000
Mockfjärd.	Västerdalälfvens K.A.B.	20 000
Gullspang.	Gullspang-Munkfors K.A.B.	18 000
Ljunga-Werk.	Stockholm Superphosphate A.B.	18 000
Finnfors.		9 000
Dejefors.		7 000
Haly.		5 500

Les usines hydro-électriques en exploitation ou en construction en 1915 peuvent être présentées de la façon suivante en les groupant d'après leurs puissances :

PUISSANCE DE CHAQUE USINE EN CHEVAUX	NOMBRE D'USINES	PUISSANCE DES TURBINES INSTALLÉES DANS CES USINES
50 000 et davantage	2	132 000 ch
25 000 à 50 000	3	108 000
10 000 à 25 000	6	109 000
5 000 à 10 000	18	116 000
1 000 à 5 000	128	253 000
200 à 1 000	296	132 000
TOTAL.....	453	850 000

(1) Rapport présenté par M. Sven Lübeck, ingénieur suédois, au Congrès International des Ingénieurs à San Francisco en 1915.

Digitized by Google



Digitized by Google

L'emploi de la force hydraulique en 1915 se répartit comme suit entre les industries (les chiffres sont approximatifs) :

INDUSTRIES	TURBINES INSTALLÉES EN CHEVAUX	POUR CENT
Industrie du fer	235 000	28
Industrie du bois et de la pulpe	260 000	30
Industrie textile	40 000	5
Industrie électrochimique	90 000	11
Autres applications	225 000	26
TOTAL	850 000	110

Les usines hydrauliques suédoises, y compris celles de l'Etat, ont développé 415 000 ch en 1915. La puissance totale de la force hydraulique, utilisée pendant la même année, y compris celle exploitée par les petites installations, s'est élevée à 900 000 ch environ qui forment près de 15 pour 100 de la force hydraulique existant en Suède. Quant aux usines thermiques, leur puissance en 1915 a été évaluée à 10 000 ch. Près de 60 pour 100 de toute l'énergie, produite par les usines hydrauliques et thermiques, sont transformés en énergie électrique. On peut donc dire que la moitié de la valeur totale des produits de l'industrie suédoise (1 500 millions kronors ou 2 100 millions de francs) est créée par la force hydraulique, utilisée comme force motrice, ce qui prouve que son emploi est beaucoup plus économique que celui de la vapeur.

En 1913, 96 pour 100 de l'énergie totale produite dans le pays ont été utilisés par la grande industrie et 4 pour 100 seulement ont servi aux usages municipaux et domestiques, et aux chemins de fer. L'emploi de l'énergie pour les besoins domestiques se rencontre le plus souvent dans les villes très peuplées ; celui des campagnes n'atteint pas même 1 pour 100. Des 100 villes de la Suède, 72 qui reçoivent ou vont prochainement recevoir l'énergie hydro-électrique contiennent 90 pour 100 de la population totale des villes de ce pays, et leur production industrielle forme également 90 pour 100 de toute la production suédoise.

La Suède septentrionale n'utilise qu'une faible partie de son énergie hydraulique (3 pour 100 dans le Norrland supérieur et 16 pour 100 dans le Norrland inférieur), mais dans les régions méridionale et centrale l'énergie consommée atteint 60 pour 100 de toute l'énergie hydraulique existante. La carte ci-jointe montre la proportion dans laquelle l'énergie hydraulique est utilisée dans les différentes régions de la Suède.

Les 16 pour 100 des sources de l'énergie hydraulique appartiennent à l'État. Elles sont situées principalement dans le Norrland, mais quelques-unes se trouvent au Sud, notamment en Gotaälf dans la région comprise entre le lac Vänern et la mer. En outre quelques chutes d'eau ont été acquises par l'État dans l'intention de les utiliser pour l'électrification de ses chemins de fer.

L'emploi de l'énergie électrique pour les besoins domestiques, qui est le plus souvent trop peu important pour provoquer l'exploitation dans ce but des sources de la force hydraulique, aurait pu, avec le développement de cet usage, devenir fort considérable. Ainsi l'on a calculé que le chauffage à l'électricité de la seule ville de Stockholm avec ses 382 000 habitants consommerait l'énergie développée par toutes les sources hydrauliques de la Suède centrale, plus celle du fleuve Indal, c'est-à-dire au total un million de chevaux. On a essayé d'organiser des compagnies mutuelles de distribution de l'électricité pouvant fournir l'énergie aux campagnes à bas prix. Toutefois l'importance de l'électricité pour les fermes et l'agriculture est très exagérée.

Il en est autrement du rôle de l'énergie électrique dans l'industrie métallurgique. Ainsi l'emploi des moteurs électriques dans les laminoirs se répand de plus en plus. On s'attend également à un grand développement de l'utilisation de la force hydraulique dans les industries électrochimique et électrolytique et surtout dans les fours électriques. Une circonstance favorable à ce développement est la solution technique du problème de la production du métal à partir du minerai de fer et du charbon de bois dans les hauts fourneaux électriques. Elle a provoqué la construction de plusieurs installations de ce genre parmi lesquelles celle, déjà citée, de Domnarfvet, qui travaille actuellement. D'autres encore sont projetées. L'application de l'électricité à la fabrication de la fonte et de l'acier a aussi l'avantage de conserver les réserves du charbon de bois qui auparavant s'épuisaient rapidement.

L'utilisation des 3 ou 4 millions de chevaux développés par les sources hydrauliques du Norrland, dépend surtout du développement en Suède de l'industrie du fer et de l'acier, favorisé par le voisinage immédiat des sources de l'énergie hydraulique et des grandes quantités de minerais de fer dans les régions centrale (Gränges berg, etc.) et septentrionale (Gellivare, Kiruna, etc.) du pays. On ne peut pas s'attendre à un large développement de l'industrie de la pulpe. Par contre, celle du papier est florissante. Une grande partie de l'énergie disponible pourra être utilisée par l'industrie électrochimique qui fait actuellement de grands progrès non seulement dans la préparation des chlorates, carbures, cyanamide, alliages de fer et de zinc, mais aussi dans celle des nitrates, acide nitrique, alcalis, aluminium, etc.

Quoique la Suède orientale possède peu d'industries pouvant utiliser l'énergie produite par ses nombreuses sources de force hydraulique, et ait une situation défavorable entre la Norvège, riche elle-même en force hydraulique, à l'Ouest, et la mer, fermée par les glaces pendant six mois de l'année, à l'Est, l'exploitation de ses richesses hydrauliques a trop d'importance pour le pays pour qu'elle puisse être abandonnée. On espère donc que l'extension et la multiplication des réseaux de transmission et de distribution lui permettra d'atteindre un grand développement, en transportant l'énergie produite dans les grands centres industriels qui l'utiliseront, en attendant que le Nord développe sa propre industrie.

J. V.

Digitized by Google

SECTION DE LÉGISLATION

La protection de la propriété industrielle

Après avoir exposé dans un premier article la législation des Brevets, l'auteur commente aujourd'hui : les articles 1382 et suivants du Code civil relatifs à la Concurrence déloyale; la loi de 1852 sur les marques de fabrique; celle de 1823 sur les prérogatives du Nom Commercial, etc.; il s'étend finalement sur la Convention d'union de 1883 et l'Arrangement de Madrid de 1891 qui constituent un accord international pour la protection des marques et du Nom Commercial.

Lois destinées à assurer le maintien de la loyauté du commerce.

Par l'action en Concurrence déloyale, fondée sur l'article 1 382 et suivants du Code civil, les industriels peuvent obtenir la réparation de tous actes faits dans le but de leur nuire, ou susceptibles de leur causer illicitement un préjudice matériel ou moral.

L'action en concurrence déloyale permet d'atteindre l'usurpation de fausses qualités, du titre d'inventeur, de dépositaire exclusif, l'usage exclusif du nom d'un ancien patron, etc., la confusion voulue par homonymie, par imitation des produits ou de leurs modes de présentation, la substitution de produits, les abus de publicité ou de réclame (1), les abus du droit de rétablissement dans le silence du contrat après vente d'un fonds de commerce, etc.

En dehors de l'article 1 382, fondement de cette jurisprudence si souple et si complète sur la Concurrence déloyale, il existe un certain nombre de lois qui assurent une répression plus énergique pour certains agissements particulièrement graves.

Marques de fabrique. — Loi de 1857. — Les marques de fabrique sont protégées par l'action en concurrence déloyale, en tant que faisant partie du mode de présentation des produits, dès que leur usurpation est susceptible de causer une confusion. La loi spéciale sur les marques renforce cette protection, et permet d'atteindre les contrefacteurs par la voie correctionnelle.

Aux termes de cette loi, sont considérés comme marques de fabrique ou de commerce, les noms sous une forme distinctive, les dénominations, empreintes, timbres, cachets, vignettes, reliefs, lettres, chiffres, enveloppes, et tous autres signes servant à distinguer les produits d'une fabrique ou les objets d'un commerce.

L'application de la loi de 1857 sur les marques exige le dépôt préalable de la marque.

(1) Une loi récente du 8 août 1912 règle l'usage des récompenses obtenues dans les expositions et réprime les abus auxquels peut donner lieu cet usage.

La propriété de la marque, sous le régime de la loi de 1857, s'acquiert par l'usage; le dépôt effectué sans aucun examen préalable par l'administration, au moins quant à la nouveauté de la marque, ne crée pas la propriété. A l'encontre de ce qui a lieu dans certains pays, il revêt un caractère purement déclaratif et peut être fait à toute époque, même après un long usage antérieur de la marque sans dépôt. Il donne au propriétaire de la marque une présomption de propriété sur la marque déposée, et fixe l'étendue de ses droits.

Il s'ensuit que la date d'un dépôt n'est pas seule à considérer, et qu'un dépôt récent peut primer un dépôt plus ancien si, en fait, le second déposant a fait usage de la marque à une date antérieure à celle à laquelle remonte l'usage du second.

On ne saurait néanmoins trop engager les industriels qui ont fait choix d'une marque à la déposer aussitôt que possible et à acquérir ainsi, par le dépôt même, une présomption de propriété remontant au moins à la date de ce dépôt.

Au point de vue international, le dépôt, par application de l'article 4 de la Convention d'union, donne ouverture au profit du déposant à un délai de priorité de quatre mois pour déposer la même marque dans les pays signataires, ce qui, bien que le délai offert soit manifestement trop court, présente pour ceux de ces pays où le dépôt revêt un caractère attributif, un sérieux avantage.

Un Arrangement signé à Madrid en 1891, auquel malheureusement tous les pays signataires de la Convention primitive n'ont pas encore adhéré, organise, par l'intermédiaire du Bureau international de la Propriété industrielle à Berne, l'enregistrement international des marques. Il serait à souhaiter que cet enregistrement, qui procure aux intéressés des facilités et une économie très appréciables, pût se généraliser.

Nom commercial. — La loi de 1823 sur le nom commercial atteint pénalement le fait de faire apparaître sur des produits fabriqués ou leurs emballages, par addition, retranchements ou altérations quelconques, le nom d'un fabricant autre que celui qui en est l'auteur, ou la raison commerciale d'une fabrique autre que celle où les

Digitized by Google

objets ont été fabriqués, ou enfin le nom d'un lieu autre que celui de la fabrication.

La loi n'exige aucune formalité préalable, aucun dépôt, mais c'est essentiellement une loi pénale, et par suite elle ne peut recevoir une interprétation extensive. Elle ne vise que les produits manufacturés et les fabricants, et laisse de côté les produits naturels et les commerçants. Elle ne réprime que les fausses indications sur les produits résultant d'additions ou suppressions ; elle ne peut atteindre les usurpations de noms sous une autre forme, non plus que les indications qui, sans consister dans une apposition de nom, sont cependant de nature à tromper l'acheteur sur l'origine du produit.

Loi de 1857. article 19. — La loi sur les marques de fabrique ou de commerce, dont nous nous sommes occupés un peu plus haut, contient un article 19 prohibant à l'entrée en France, et autorisant la saisie, en quelque lieu que ce soit, de tout produit étranger portant soit le nom, soit la marque d'un fabricant résidant en France, soit les indications du nom ou du lieu d'une fabrique française.

La saisie peut être effectuée, soit à la diligence de l'administration des Douanes, soit à la requête du Parquet ou de la partie lésée, c'est-à-dire de tout fabricant résidant en France.

Tarif des douanes de 1892. art. 15. — L'article 15 du tarif général des Douanes vient compléter et renforcer les prohibitions résultant de l'article 19 de la loi de 1857. Plus généralement, elle prohibe à l'entrée et exclut de l'entrepôt et de la circulation tous produits étrangers naturels ou fabriqués portant soit sur eux-mêmes, soit sur les emballages, caisses, ballots, enveloppes, bandes, étiquettes, etc., une marque de fabrique ou de commerce, un nom, un signe ou une indication quelconque de nature à faire croire qu'ils ont été fabriqués en France ou sont d'origine française. S'ils proviennent d'une localité de même nom qu'une localité française, les produits sont prohibés à l'entrée ; ils sont encore prohibés s'ils ne portent pas en même temps que le nom de la localité le nom du pays d'origine et la mention *importé* en caractères manifestement apparents.

Comme il s'agit là d'une loi douanière, la question de bonne ou de mauvaise foi n'est pas à envisager, et la simple apposition matérielle des signes ou mentions prohibés suffit à constituer le délit.

Cette disposition, naturellement délicate dans son application puisqu'elle soulève, le plus souvent, une question d'appréciation, celle de savoir si le conditionnement de la marchandise est de nature ou non à faire croire à une origine française, est de nature à assurer une protection efficace à l'industrie française ; les attaques acharnées dont elle a été l'objet avant la guerre, de la part de certains étrangers, suffiraient à le démontrer.

Loi du 1er février 1899 sur les produits vinicoles. — Cette loi prohibe à l'entrée, exclut de l'entrepôt, du transit et de la circulation, les vins étrangers ne portant pas sur les récipients une marque indélébile indiquant le pays d'origine ; elle est complétée par la circulaire des Douanes du 6 février 1899 et par une décision ministérielle du 31 mai 1899 qui admet, comme répondant à la loi, les marques apposées à la peinture à l'huile.

Loi du 11 juillet 1906 sur les conserves alimentaires, complétée en juin 1913. — Cette loi vise l'introduction en France de conserves alimentaires, spécialement de conserves de poissons (sardines et autres) et impose, sous peine d'amende et de confiscation, l'apposition sur les récipients, en creux ou en relief, de marques d'origine.

La loi peut être invoquée par tout intéressé (acheteur, syndicats, fabricants).

Loi du 1er août 1905 sur les fraudes. — La loi de 1905 a pour but de protéger le public contre les fraudes en tous genres, elle a été suivie de nombreux règlements d'application. Au point de vue spécial de la Propriété industrielle et des indications d'origine, elle réprime toute tromperie ou tentative de tromperie sur l'origine de toutes marchandises, quel que soit le mode employé à cet effet. Plus large en cela que la loi de 1824, elle exige, par contre, pour que l'on puisse se prévaloir de ses dispositions, que le plaignant prouve que la désignation de l'espèce ou de l'origine de la marchandise ait été la cause principale et déterminante de la vente.

Cette preuve est, dans beaucoup de cas, impossible à fournir.

D'autre part, la loi semble ne s'appliquer qu'au contractant lésé directement, et ne pouvoir être invoquée par les industriels concurrents auxquels la fraude a été susceptible de causer, au moins indirectement, préjudice. Telle est du moins l'interprétation, en général, donnée par la jurisprudence et qui paraît trouver une base dans la rédaction même de la loi [1].

Convention d'union de 1883 et Arrangement de Madrid de 1891. — La Convention d'Union de 1883 [2], dans son article 9, revisé à Washington, institue entre les pays signataires, pour les marques et le nom commercial, une protection analogue à celle qui résulte en

[1] Aux lois ainsi rappelées, il y aurait lieu d'ajouter l'article 35 de la loi de finances de 1910 qui réprime la tromperie à l'aide de poinçons imitant des contrôles et poinçons anciens, et les nombreux textes spéciaux votés par le Parlement pour réprimer la fraude sur l'origine et la composition des vins.

[2] Les dispositions de la Convention de 1883 et les Arrangements qui l'ont suivie, sont applicables aux Français dans leurs rapports entre eux (loi du 1er juillet 1906). Les pays signataires de la Convention de 1883 sont : Allemagne, Autriche-Hongrie, Belgique, Brésil, Cuba, Danemark et îles Feroë, R. dominicaine, Espagne, Etats-Unis, France, Grande-Bretagne, Fédérat. Australienne, Ceylan, Nouvelle-Zélande, Trinitad, Tabago, Italie, Japon, Mexique, Norvège, Pays-Bas (Inde néerlandaise, Durham, Curaçao), Portugal, Serbie, Suède, Suisse, Tunisie.

Digitized by Google

France de l'article 19 précité de la loi de 1857 sur les Marques.

L'article 10 vise plus spécialement les fausses indications de provenance, mais exige, pour que les sanctions de l'article 9 interviennent, que le nom de localité faussement attribué au produit soit accompagné d'un nom commercial fictif ou emprunté dans une intention frauduleuse.

L'Arrangement de Madrid (1) de 1891 fait disparaître cette restriction et assure une répression énergique des fausses indications de provenance. Il spécifie qu'il appartient aux tribunaux de chaque pays de décider quelles sont les appellations qui, à raison de leur caractère générique, peuvent être librement employées, en excluant de toute appréciation toutes les appellations régionales de provenance de produits vinicoles, dont il impose à tous le respect.

Malheureusement, l'Arrangement de Madrid n'a jusqu'ici recueilli qu'un petit nombre d'adhésions. Il est permis d'espérer qu'après les hostilités cet arrangement s'étendra à tous les pays alliés, et pourra être imposé aux nations ennemies qui n'ont pas cru devoir accepter jusqu'ici les principes d'honnêteté internationale qu'il proclame (1).

André Taillefer,

Avocat à la Cour de Paris, ancien élève de l'Ecole polytechnique, membre de la Commission technique de l'Office national de la Propriété industrielle.

Législation, jurisprudence

A propos de la loi du 31 décembre 1916.

La loi du 31 décembre 1916 a édicté une foule d'impôts nouveaux et a fortement augmenté certaines taxes anciennes.

Parmi ces dernières, celles qui préoccupent les sociétés sont relatives à l'impôt sur le revenu des valeurs mobilières, et, à ce sujet, on a posé la question : « Pourquoi l'article 11 de la loi énumère-t-il tant de textes de loi? doit-on s'en préoccuper? »

Nous répondons qu'il n'y a pas lieu de se préoccuper des nombreuses citations contenues dans cet article : toutefois, pour plus de clarté, nous donnons ci-dessous d'abord le texte de l'article, et ensuite l'indication très sommaire des sujets auxquels se réfèrent les lois citées.

Texte de l'article 11. — « A partir du 1er janvier 1917, la taxe de 4 fr pour 100 fr, établie sur le revenu des valeurs mobilières par les lois des 29 juin 1872, 21 juin 1875, 28 décembre 1880, 29 décembre 1884, 26 décembre 1890, 13 juillet 1911 et 29 mars 1914, art. 33, est fixée à 5 pour 100.

» La taxe de 8 pour 100, établie par les articles 5 de la loi du 21 juin 1875 et 20 de la loi du 25 février 1901, sur les lots payés aux créanciers et aux porteurs d'obligations, effets publics et tous autres titres d'emprunt, est fixée, à partir de la même date, à 10 pour 100.

» La taxe de 5 pour 100, établie par les articles 31, 34 et 42 de la loi du 29 mars 1914 sur le revenu des valeurs mobilières étrangères qui ne sont pas soumises au régime de l'abonnement, ainsi que sur les titres de rentes, emprunts et autres effets publics des gouvernements étrangers, est fixée à partir de la même date à 6 pour 100. »

Il est aisé de voir que cette loi a eu seulement pour but d'augmenter les taxes qui avaient été initialement édictées par la loi du 29 juin 1872, laquelle est dans la matière la loi type.

Elle frappe les dividendes, revenus et tous autres produits des actions des sociétés et entreprises; les arrérages et intérêts des emprunts et obligations des sociétés ou des établissements publics; les intérêts et les bénéfices des parts d'intérêts et commandites, dans les sociétés dont le capital n'est pas divisé en actions.

La loi du 21 juin 1875 a assujetti à la même taxe les lots et primes de remboursement payés aux créanciers et porteurs d'obligations, effets publics et tous autres titres d'emprunt.

Les lois du 28 décembre 1880 et 29 décembre 1884 n'ont été faites que pour imposer aux congrégations, communautés et associations religieuses, qui n'ont pas pour objet de distribuer leurs produits, les taxes qui frappent les dividendes des actions.

La loi du 26 décembre 1890 n'a eu d'autre effet que de porter à 4 pour 100 le tarif qui ne dépassait pas d'après les lois antérieures le taux de 3 pour 100.

La loi du 13 juillet 1911 a assujetti à l'impôt de 4 pour 100, sur le revenu, les bénéfices dits tantièmes des administrateurs, distribués aux membres du conseil d'administration des sociétés, compagnies ou entreprises, visées par l'article premier de la loi du 29 juin 1872.

Enfin la loi du 29 mars 1914 (art. 33) est plutôt, en ce qui concerne les valeurs françaises, une loi de récapitulation; elle a eu surtout pour but, dans son article, d'assimiler les valeurs mobilières étrangères aux valeurs françaises.

En ce qui concerne les lots payés aux porteurs d'obligations, ils ont été soumis d'abord à un impôt de 3 pour 100 par la loi du 21 juin 1875 et le décret du 15 décembre 1875. Cet impôt a été élevé à 8 pour 100 par l'article 20 de la loi du 25 février 1901; il est porté à 10 pour 100 par la nouvelle loi.

Ainsi donc, on peut dire qu'à part la majoration du taux on ne se trouve en présence d'aucune innovation.

(1) Les pays signataires de l'arrangement de Madrid relatif aux fausses indicatiéns de provenance sont : Brésil, Espagne, France, Grande-Bretagne, Portugal, Suisse, Tunisie.

(1) Au point de vue national et international, les marques collectives (marques de syndicats, etc.), que les divers pays signataires de la Convention de 1883 se sont engagés, lors de la revision de Washington, en 1911, à protéger comme les autres marques de fabrique et de commerce, devront constituer, lorsque leur usage pourra se répandre, un des moyens les plus efficaces d'indiquer au consommateur la véritable origine du produit qu'il achète.

Digitized by Google

Tribunaux.

TRIBUNAL DE COMMERCE DE GRENOBLE

Jugement du 1er décembre 1916. (Société générale de Force et Lumière contre Société Établissements Arbel.)

Sommaire. — La loi du 15 juin 1906 sur les distributions d'énergie, dans son article 8, tout en permettant aux communes de donner à un distributeur de lumière le privilège d'être le seul à faire cette distribution, déclare que ce privilège ne peut s'étendre à l'emploi de l'énergie à tous usages autres que l'éclairage, ni à son emploi accessoire pour l'éclairage des locaux dans lesquels l'énergie est ainsi utilisée.

Il y a lieu pour un Tribunal de déclarer que, si une Société industrielle, dans le but d'avoir un local pour les réunions du Conseil d'administration, et un logement toujours prêt pour les administrateurs en mission près des usines, achète une villa qu'un de ses membres avait fait construire dans l'enceinte de l'usine, cette villa prend le caractère d'immeuble industriel : en conséquence, la Société concessionnaire de l'éclairage ne peut présenter à la Société, qui utilise le courant dans la villa sous forme de lumière, une facture établie d'après les tarifs de l'éclairage des particuliers. Car cette villa, devenant immeuble industriel, doit participer à l'éclairage accessoire des locaux dans lesquels l'énergie est ainsi utilisée.

La loi du 15 juin 1906 n'a pas voulu limiter l'emploi de cet éclairage accessoire aux locaux où l'énergie est utilisée, tels que les ateliers où se trouvent des moteurs ou des transmissions : elle a désigné ainsi tout le groupe des immeubles industriels nécessaires au fonctionnement de l'usine, par exemple : entrepôts divers, salles de réunions, logement du concierge.

Observations. — Ce jugement qui est déféré à la Cour d'Appel de Grenoble constitue la première décision par laquelle un tribunal interprète le dernier alinéa de l'article 8 de la loi du 15 juin 1906 ainsi conçu : « ... sans que cependant ce privilège puisse s'étendre à l'emploi de l'énergie à tous usages autres que l'éclairage des locaux dans lesquels l'énergie est ainsi utilisée. » Tous les commentateurs paraissaient d'accord pour interpréter ces mots dans un sens restrictif : on admet dans la doctrine, en s'appuyant sur les travaux préparatoires de la loi, que la lumière peut être fournie comme accessoire, mais seulement dans les parties de l'usine où le moteur fonctionne, et où une transmission est installée.

Il y a lieu d'attendre la décision de la Cour d'Appel de Grenoble et au besoin celle de la Cour de Cassation.

Proposition de loi relative à la mise en valeur des forces hydrauliques en France.

Une proposition de loi relative à la mise en valeur des forces hydrauliques en France a été présentée par M. de Castelnau, député à la séance du 28 décembre 1916 et insérée au « Journal officiel » du 10 janvier p. 1819 (Documents parlementaires, annexe n° 2826).

Cette proposition prévoit la division de la France en cinq bassins dont chacun serait concédé par l'État à une seule Compagnie concessionnaire qui serait tenue d'aménager dans un délai de dix ans *la totalité* des forces hydrauliques inventoriées dans son bassin.

L'État garantirait aux actionnaires des Compagnies un intérêt de 5 pour 100, et de plus, ce qui fait l'originalité du projet, la Banque de France avancerait gratuitement pendant les 10 années, dévolues pour l'aménagement des chutes, des sommes égales à celles versées, par les souscripteurs ; la Banque serait, en contrepartie, autorisée à augmenter d'autant ses émissions. Les usines hydrauliques feraient partie du domaine public de l'État et seraient assimilées aux ouvrages de la grande voirie.

Diverses dispositions accessoires règlent la situation des propriétaires antérieurs des chutes déjà aménagées.

Proposition de résolution concernant la création d'usines hydro-électriques.

Le « Journal officiel » du mercredi 10 janvier contient dans les documents parlementaires de la Chambre (annexe n° 2791, séance du 18 décembre 1916) une proposition de résolution invitant le gouvernement à créer, le plus rapidement possible, en particulier dans le Massif central des usines hydro-électriques.

Cette proposition, présentée par MM. Queille, Vidalin, Mons, Laurent, Eynac, Fernand Brun, a été renvoyée à la Commission des travaux publics, des chemins de fer et des voies de navigation.

Décret relatif à la Commission des métaux et des bois et des fabrications de la guerre.

Sur le rapport du ministre de la Guerre et du ministre de l'Armement a été pris, le 18 janvier, un décret, inséré au « Journal officiel » du 19 janvier 1917, transférant au ministère de l'Armement et des Fabrications de la guerre la Commission interministérielle des métaux et des bois créée au ministère de la Guerre par décret du 11 mai 1916.

Cette Commission prend le nom de « Commission interministérielle des bois, des métaux et des fabrications de guerre ».

Le même décret détermine la composition de cette Commission et ses attributions.

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

1re Année. — Tome I. — N° 5. — 3 Férier 1917.

SOMMAIRE. — Le contrôle du marché du cuivre en Angleterre. — La protection des couples thermo-électriques de laboratoire. — L'établissement d'une voie ferrée électrique en Bolivie. — Influence de la nature des frettes des rotors des génératrices à grande vitesse sur le rendement de ces machines. — La rivière Colorado et son utilisation, p. 161 et 162.

Section scientifique et technique. — Sur les analogies mécaniques des phénomènes électriques, par J.-B. Pomey, p. 163. — Revues, analyses et informations : Résistances à la traction relatives à un fourgon électrique de livraison sur différentes routes et à différentes vitesses, p. 165 : La protection des couples thermo-électriques de laboratoire, p. 170 ; Les prix de l'Académie des Sciences, p. 170.

Section industrielle. — Les corrosions des surfaces métalliques immergées, causes et remèdes, par Jean Guerner, p. 173. — La porcelaine électrotechnique, (*suite et fin*), par la Chambre syndicale, p. 180. — Revues, analyses et informations : La charge monophasée et les convertisseurs de phase, p. 184 ; Nettoyage des tubes de condenseurs, p. 187 ; Perfectionnements aux transformateurs électriques, p. 188.

Section économique et financière. — Le cuivre et la guerre, par J. Vichniak, p. 189. — Assemblées générales : Société d'Electricité de Paris, p. 192 ; L'Eclairage électrique, p. 193. — Revues, analyses et informations : Les problèmes de la démobilisation, p. 194 ; La manutention et l'exportation des charbons dans les ports britanniques, p. 194.

Section de législation. — Comment peut-on juridiquement installer des conducteurs électriques sur les terrains des tiers pour relier une usine de production aux endroits d'utilisation, par Paul Bougault, p. 195. — Législation et jurisprudence : Décret relatif au règlement de différends collectifs entre patrons et ouvriers libres, p. 199 ; Projet de loi sur les avances remboursables, p. 200

Le contrôle du marché du cuivre en Angleterre. — On trouvera dans ce numéro un article très documenté de M. Vichniak sur la production mondiale du cuivre.

L'auteur s'est placé spécialement au point de vue statistique de l'extraction du minerai et de la consommation du métal dans tous les pays du monde ; il a rappelé également les variations fantastiques qu'ont subies les cours depuis le début des hostilités.

Il n'est pas sans intérêt de rappeler, à ce propos, l'industrie électrique étant l'un des principaux clients du marché du cuivre, que le gouvernement anglais vient de décider la réquisition du cuivre à la suite d'une nouvelle hausse spéculative du métal, celui-ci ayant atteint le prix de 150 livres la tonne, ce qui représentait une avance de près de 30 livres en un mois. La cause de cette hausse, dit le « Times », proviendrait des achats non limités faits par des spéculateurs aux États-Unis et sans aucun rapport avec les besoins, et non des transactions faites à la Bourse de Londres où les seules opérations autorisées sont les ventes des détenteurs réels aux acheteurs réels. La base du prix de réquisition sera établie d'après les cours pratiqués à la Bourse pendant la deuxième quinzaine de décembre 1916 ; pour les contrats à terme, une majoration de 10 sh par tonne sera accordée sur le contrat d'origine.

Le contrôle effectif assuré ainsi par le gouvernement anglais sur les achats et les ventes de cuivre en dehors du Royaume-Uni aura tout au moins cet effet d'empêcher les sujets anglais de spéculer à l'étranger et de restreindre ainsi la liberté d'action des industriels et négociants français.

La protection des couples thermo-électriques de laboratoire. — Les couples thermo-électriques destinés aux usages industriels sont montés dans des dispositifs de protection dont le plus répandu se présente sous la forme d'une canne. Des précautions ne sont pas moins nécessaires pour la conservation des appareils de laboratoire, notamment quand ils sont l'objet d'une manipulation quotidienne. Aussi au Bureau of Standards on a systématiquement perfectionné « la protection des couples thermo-électriques de laboratoire » ; une description du dispositif adopté par les physiciens de ce laboratoire a été donnée par A.-W. Gray dans une communication que nous analysons, p. 170.

L'établissement d'une voie ferrée électrique en Bolivie. — Les chemins de fer ne se sont point encore multipliés en Bolivie, par suite même des difficultés de construction, difficultés offertes par le relief du terrain ; et il est tout naturel que, dans ces conditions, l'on songe à exploiter électriquement les voies ferrées déjà existantes, ou que l'on se résolve à créer de nouvelles lignes entièrement électriques dès le début. Il est utile que nos industriels,

Digitized by Google

nos fabricants de matériel et d'appareils électriques de toutes sortes soient au courant de ce qui se passe à ce double point de vue, puisqu'il y a forcément des fournitures importantes et intéressantes à faire dans l'un et l'autre cas.

C'est pour ces raisons qu'il est opportun de signaler le fait que la construction d'une nouvelle ligne électrique autorisée en 1915 est en train de se poursuivre à l'heure actuelle. Il s'agit de la voie ferrée électrique de La Paz à Yungas, dont le Congrès de Bolivie a autorisé la construction à travers la région très fertile de Yungas, qui dépend du département de La Paz. Il est probable que cette voie ferrée donnera des résultats financiers intéressants; par conséquent, elle pourra servir de modèle, puisqu'elle fera comprendre l'avantage de l'exploitation électrique dans le pays. On a autorisé pour sa construction première une dépense de 12 millions de francs environ, dont les frais doivent être faits par le Trésor départemental ou par l'émission d'obligations du département garanties par le gouvernement.

Celui-ci a déjà confié depuis pas mal de temps au Bureau des Travaux publics la mission d'établir la voie ferrée dont il s'agit; les travaux se sont engagés très rapidement, grâce aux impôts qui avaient été perçus en 1915 dans ce but spécial, l'intérêt et l'amortissement des travaux de construction devant être assurés par une taxe spéciale sur les feuilles de coca, ce qui correspond à une des récoltes les plus importantes du pays. Les projets détaillés ont été dressés pour tout l'ensemble de la ligne et les travaux de terrassement sont exécutés, d'après les dernières nouvelles que nous avons reçues, jusqu'au kilomètre 27, c'est-à-dire jusqu'au point de faite de cette ligne. Ce qui est particulièrement intéressant à savoir, c'est que tous les matériaux, les produits, les articles qui seront introduits dans le pays pour l'exécution de la ligne et sa mise en exploitation sont exempts de toute taxe douanière d'importation, ce qui facilite d'autant l'introduction, dans le pays, du matériel électrique de fabrication étrangère destiné à répondre aux besoins soit de construction, soit d'exploitation de la nouvelle voie ferrée électrique.

Influence de la nature des frettes des rotors des génératrices à grande vitesse sur le rendement de ces machines. — Dans son numéro du 1er décembre 1916, « La Revue électrique » a publié une analyse d'une remarquable étude de M. A.-B. Field intitulée « Quelques difficultés de la construction des génératrices à grande vitesse ». L'auteur y examinait successivement la matière du rotor, l'emploi de tôles épaisses dans sa construction, sa vitesse critique, sa ventilation et son enroulement, les frettes, etc.

A propos de ce dernier paragraphe, un de nos lecteurs nous adresse la lettre suivante qui appelle l'attention des constructeurs sur les inconvénients que présente l'emploi de frettes en acier au point de vue de la dispersion magnétique. Il convient d'ailleurs de faire observer que M. Field ne méconnaissait pas ces inconvénients, et qu'il indiquait des dispositifs pour les pallier; il ne faut pas oublier, en effet, que, suivant les termes mêmes de M. Field, la construction des génératrices à grande vitesse représente, beaucoup plus que d'ordinaire, un compromis entre les exigences souvent opposées de la partie mécanique et de la partie électrique.

« Je remarque dans la « Revue électrique » du 1er décembre, à la page 330, au sujet du paragraphe intitulé « Frettes du rotor », que les frettes posées sur le rotor décrit sont en acier-nickel-chrome, et il est mentionné plus loin que ces frettes en acier ont l'inconvénient de créer une fuite magnétique importante spécialement pour le rotor bipolaire.

» Je crois donc qu'il est intéressant de vous signaler qu'une grande Compagnie française de construction vient de faire la douloureuse expérience de ces frettes sur trois turbo-alternateurs de 1 500 kw, à rotor à quatre pôles, établis avant la guerre sur les données d'une maison suisse.

» Cette Compagnie avait dû évidemment calculer son rotor sans tenir compte de la fuite occasionnée par la frette, de sorte qu'elle a eu plus d'intérêt à remplacer purement et simplement les frettes en acier spécial par des frettes en bronze, ainsi qu'il est procédé jusqu'à présent dans les constructions françaises.

» Avec ces frettes en acier, ces alternateurs prévus pour donner 1 800 kw sous $\cos\varphi = 0,8$, avec une excitation de 130 A, ne pouvaient débiter que 1 200 kw sous $\cos\varphi = 0,5$, avec une excitation de 220 A.

» Ce résultat pratique indique donc nettement que l'emploi des frettes en acier modifie d'une façon considérable les calculs nécessaires pour l'établissement du rotor. Ces frettes présentent, d'autre part, un avantage pour l'exploitant, car augmentant les fuites de l'alternateur, elles diminuent les avaries pouvant survenir à ceux-ci par les mises en court-circuit brusques.

» Nous avons pensé qu'il suffisait d'ailleurs de vous communiquer ce résultat pratique pour que, les différents constructeurs en étant prévenus, ils puissent tirer tous les avantages possibles de l'expérience faite par l'un d'eux. »

La rivière Colorado et son utilisation — (1). La région traversée par le Colorado et ses affluents présente un grand intérêt à divers point de vue. Plusieurs services officiels ont étudié les ressources hydrologiques du bassin; beaucoup d'explorations ont été faites par des entreprises privées; des projets d'irrigation, de transports de force, de tramways routiers ont été étudiés, et le grand canon a été traversé à maintes reprises depuis que le major Powelle l'a exploré en premier en 1869 et 1872.

Toutefois, les différents renseignements recueillis de plusieurs côtés sur les ressources hydrologiques n'ont jamais été rassemblées de façon à permettre une vue d'ensemble de l'utilisation de toute la rivière.

Le présent rapport entreprend de réunir les principaux éléments se rapportant à ce sujet et principalement d'éluder la possibilité de régulariser le cours de la rivière au moyen de réservoirs permettant d'éviter les inondations ainsi qu'une meilleure utilisation de l'immense cube d'eau qui se perd actuellement sans profit dans le golfe de Californie.

(1) E. La Rue. « Publication du service géologique de contrôle des cours d'eau des Etats-Unis ». D'après Washington, Ac of Sc., janvier 1917, t. VII, p. 15.

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

Sur les analogies mécaniques des phénomènes électriques

L'analogie mécanique poursuivie dans ce nouvel article est l'application de la théorie du choc à des problèmes de la technique électrique, en particulier, aux circuits oscillants. Les équations de Lagrange, adaptées aux conditions de ces circuits, montrent qu'ils subissent toujours une perte d'énergie magnétique, dissipée dans l'inévitable étincelle, de même qu'il y a perte d'énergie cinétique sous l'action des chocs internes. Pour atténuer cet effet, il convient de redonner au système son nombre originel de degrés de libertés, ce qui explique la nécessité d'un rhéostat de compensation.

1° Mécanique et électricité. — Depuis longtemps, on a eu l'habitude de comparer le courant électrique à un courant d'eau dans une conduite ou le potentiel à la hauteur du niveau de la surface libre d'un liquide contenu dans un réservoir, mais c'est à Maxwell qu'était réservé l'honneur d'ouvrir une voie nouvelle par sa théorie de l'électromagnétisme et de faire ainsi rentrer la physique de l'électricité dans le domaine de la mécanique. Il semble, depuis lors, qu'il y ait plus qu'une simple analogie entre les deux ordres de phénomènes. Aussi pourrait-on aisément transporter du domaine de la mécanique dans celui de l'électricité un grand nombre de propositions connues. Si cette transposition n'a guère été faite, la cause en est probablement dans les dissipations d'énergie sous forme de chaleur de Joule ou de perte par hystérésis. Les systèmes électriques sont ainsi des mécanismes dans lesquels se manifeste une certaine viscosité, par la production de forces antagonistes proportionnelles à la vitesse, s'il s'agit des conducteurs, alors que la mécanique rationnelle s'occupe avec prédilection des systèmes sans frottement. Mais, depuis que la télégraphie sans fil a introduit, dans la technique, des circuits oscillants dont on a cherché à réduire au minimum les amortissements, l'intuition mécanique est devenue d'un grand secours. Tout le monde comprend qu'une antenne vibre comme une corde tendue. L'autre complication provenait du fer; mais la production des courants de haute fréquence s'accommode mal de l'emploi de ce métal ou, tout au moins, elle nécessite alors une exploitation astucieuse de la résonance des harmoniques. Quoi qu'il en soit, dans les circuits sans hystérésis ni résistivité, les lois de la mécanique rationnelle trouvent un champ naturel d'application.

Je me bornerai ici à une proposition relative à l'étude des variations d'énergie.

2° Lemme relatif aux formes quadratiques. Considérons une forme quadratique f de $n+m$ variables indépendantes x_1 à x_{n+m}; je puis la mettre sous la forme de $n+m$ carrés dont les m derniers ne dépendent que des m dernières variables.

Mettons, en effet, en évidence la variable x_1, j'aurai :

$$f = a_0 x_1^2 + a_1 x_1 + a_2 = \frac{1}{4a_0}(2a_0 x_1 + a_1)^2 + a_2 - \frac{a_1^2}{4a_0};$$

le premier terme est un carré, le reste ne dépend plus de x_1. En procédant de proche en proche, en prenant successivement dans l'ordre x_2, x_3, etc., on arrivera à avoir pour les m derniers carrés des fonctions des m dernières variables. Si a_0 était nul, on mettrait à la place de $a_1 x_1$ l'expression $\left(\frac{a_1+x_1}{2}\right)^2 - \left(\frac{a_1-x_1}{2}\right)^2$; on pourrait prendre a_1+x_1 et a_1-x_1 pour variables à la place de x_1 et de l'une des variables x_2 à x_n; la forme serait alors décomposable en une somme algébrique de carrés indépendants, dont l'un au moins, celui en a_1-x_1 serait affecté d'un coefficient négatif; c'est un cas qui, d'après la loi d'inertie, ne se présentera pas, si f représente une quantité essentiellement positive, comme une énergie potentielle ou cinétique ou une puissance calorifique (Σri^2).

3° Détermination des conditions initiales qui suivent l'établissement d'une liaison. — Cela posé, les équations générales du mouvement de l'électricité étant, d'après Maxwell, réductibles aux équations de Lagrange pour les systèmes mécaniques à liaisons, supposons que nous introduisions de nouvelles liaisons; il est facile d'en introduire une, par exemple, en ouvrant un circuit. Les forces électromotrices des piles, les potentiels des condensateurs et leurs charges resteront invariables pendant la durée infiniment courte du choc produit par la nouvelle liaison introduite, mais les vitesses, c'est-à-dire les intensités des courants, seront brusquement modifiées. C'est ce qui arrive pendant la transmission d'un télégramme au cours de la manipulation. C'est de même le phénomène qui se produit quand une étincelle cesse brusquement et s'éteint. Le système se trouve modifié et l'on doit se demander quelles sont les nouvelles conditions initiales du mouvement.

4° Théorie du choc. — Or, il est expliqué dans les ouvrages de mécanique (voir en particulier Appell), que

Digitized by Google

si $q_1 q_2 \dots q_{n+m}$ sont les variables généralisées de Lagrange, le choix de ces variables peut toujours être fait de façon que les m nouvelles liaisons permanentes introduites s'expriment par les équations :

$$q_{n+1} = 0 \quad q_{n+2} = 0 \dots q_{n+m} = 0.$$

Si, par exemple, nous ouvrons le circuit d'intensité i, l'équation de liaison sera $i = 0$.

Or, si nous appelons $p_1 p_2$, etc., les quantités de mouvement correspondant aux variables $q_1 q_2$, etc., et si T est l'énergie cinétique exprimée en fonction des vitesses, on sait que les équations de Lagrange ont la forme :

$$\frac{dp}{dt} - \frac{\partial T}{\partial q} = Q.$$

En électricité, on a généralement $\frac{dT}{dq} = 0$; d'autre part, la force Q comprend les forces électromotrices appliquées E et les forces de frottement provenant des différences de potentiel $-Ri$, dues à la loi de Joule. Il est clair que les variations brusques des vitesses ne modifient pas les forces électromotrices E, mais elles font varier les forces de frottement. Pour simplifier, nous supposerons ici que les résistances R sont nulles ou négligeables.

Considérons alors les équations qui se rapportent aux variables q_1 à q_2; intégrons pendant la durée du choc qui est supposée infiniment petite ; il vient :

$$p = p_0.$$

p_0 étant la quantité de mouvement avant le choc et p sa valeur après.

5° Application aux circuits oscillants. — Ainsi, soit :

$$T = \frac{1}{2} L i^2 + M i i' + \frac{1}{2} L' i'^2$$

l'énergie cinétique d'un système de deux circuits oscillants accouplés comme à l'ordinaire. La liaison nouvelle est introduite en levant la clé et son expression mathématique est :

$$i - i' = 0.$$

Posons :

$$i = I + j.$$
$$i' = I - j.$$

L'on aura :

$$T = \frac{1}{2} L (I + j)^2 + M (I^2 - j^2) + \frac{1}{2} L' (I - j)^2,$$

d'où :

$$p = \frac{dT}{dI} = L (I + j) + 2 M I + L' (I - j),$$

et par suite l'équation $p = p_0$ devient :

$$(L + 2 M + L') I = L i + M (i + i') + L' i',$$

ou :

$$I = \frac{(L + M) i + (L' + M) i'}{(L + M) + (L' + M)}.$$

On voit que I prendra une valeur moyenne entre i et i', et que $L + M$ et $L' + M$ sont comme des masses attachées aux variables q et q' dont les vitesses sont i et i'. I n'est autre chose que la vitesse du centre de gravité. La quantité de mouvement se conserve. Les impulsions intérieures sont égales et contraires :

$$L + M (I - i) + (L' + M) (I - i') = 0.$$

6° Expression générale des pertes d'énergie. — Appliquons maintenant le lemme. Nous avons vu qu'on pouvait réduire l'énergie cinétique T à la forme :

$$T = \Theta + x^2_{n+1} + x^2_{n+2} + \dots + x^2_{n+m}.$$

les quantités x_{n+1} à x_{n+m} étant des fonctions linéaires et homogènes de q'_{n+1} à q'_{n+m}. Comme les variables correspondantes sont nulles pendant le choc et restent nulles, puisque les liaisons sont persistantes, on aura donc :

$$x_{n+1} = x_{n+2} = \dots = x_{n+m} = 0.$$

Les équations qui déterminent le mouvement initial après le choc sont :

$$p = p_0;$$

elles ne dépendent pas des variables $x_{n+1} \dots x_{n+m}$, elles déterminent complètement x_1 à x_n et, comme ces variables sont au nombre de n, elles restent invariables. Cette solution est évidente, et comme la solution est unique, il n'y a pas lieu d'en chercher d'autres.

Par suite, si, avant le choc, on a :

$$T_0 = \Theta_0 + x^2_{n+1} + \dots + x^2_{n+m},$$

on a, après le choc, au moment initial :

$$T = \Theta_0.$$

D'où :

$$T_0 - T = x^2_{n+1} + \dots + x^2_{n+m}.$$

Cette énergie perdue est évidemment l'énergie qui serait nécessaire pour donner au système la force vive dont il serait animé si chaque variable prenait une vitesse égale à la vitesse perdue.

Cela résulte de ce que les vitesses sont les fonctions linéaires des vitesses mêmes des variables généralisées.

Ainsi, il y a toujours perte d'énergie cinétique, c'est-à-dire d'énergie magnétique.

Comme il faut que cette énergie se retrouve dans un phénomène concomitant, ce théorème prouve la nécessité de l'inévitable étincelle ou sa tendance à se prolonger.

C'est un effet qu'on atténuera en redonnant aussitôt au système le même nombre de degrés de liberté dont il jouissait auparavant. On aura donc soin de manipuler sur un rhéostat de compensation.

Digitized by Google

7° Application aux circuits oscillants. — Dans l'exemple que nous avons choisi :

$$T = \frac{1}{2}(L + 2M + L')I^2$$

nous avons :

$$T_0 = \frac{1}{2}Li^2 + Mii' + \frac{1}{2}L'i'^2$$

$$\frac{\partial T}{\partial I} = (L + 2M + L')I$$

$$\frac{\partial T_0}{\partial i} = Li + Mi' \qquad \frac{\partial T_0}{\partial i'} = Li' + Mi$$

$$\frac{\partial T}{\partial I} = \frac{\partial T_0}{\partial i} + \frac{\partial T_0}{\partial i'}.$$

Or on a :

$$2T = T\frac{\partial T}{\partial I} \qquad 2T_0 = i\frac{\partial T_0}{\partial i} + i'\frac{\partial T_0}{\partial i'}.$$

D'où :

$$-2(T_0 - T) = (I - i)\frac{\partial T_0}{\partial i} + (I - i')\frac{\partial T_0}{\partial i'}.$$

Or, on a aussi :

$$\frac{I-i}{\frac{1}{L+M}} = \frac{i'-I}{\frac{1}{L'+M}} = \frac{i'-i}{\frac{1}{L+M}+\frac{1}{L'+M}} = \frac{-2(T_0-T)}{\frac{\partial T_0}{\partial i}\frac{1}{L+M} - \frac{\partial T_0}{\partial i'}\frac{1}{L'+M}}.$$

Mais on a :

$$\frac{1}{L+M}\frac{\partial T_0}{\partial i} - \frac{1}{L'+M}\frac{\partial T_0}{\partial i'} = \frac{-(LL'-M^2)(i'-i)}{(L+M)(L'+M)}.$$

D'où :

$$T_0 - T = \frac{1}{2}\cdot\frac{(LL'-M^2)}{L+2M+L'}\cdot(i'-i)^2.$$

On ne pourrait donc avoir $T_0 = T$ que si, au moment de l'ouverture de la clé, le courant $i' - i$, qui y passe, était nul, ou bien si l'on avait $LL' = M^2$, mais alors le système ne serait plus qu'à un seul degré de liberté, le couplage étant complet.

Il résulte de là que, dans un système d'interruptions musicales, toutes les fois que l'interruption ne se produit pas au moment même où le courant $i' - i$ passe par zéro, il y a, du fait de la liaison ajoutée, une perte d'énergie dont il convient de tenir compte et qui diminuera le rendement du système.

En résumé, j'ai essayé de faire ressortir que la théorie du choc trouvait son application à des problèmes de la technique électrique et qu'il y avait lieu de faire attention aux pertes d'énergie, qui sont l'inévitable conséquence des chocs internes, dus à l'introduction instantanée de nouvelles liaisons, dans un système quelconque et en particulier dans les circuits oscillants.

J.-B. Pomey.

Revues, analyses et informations

Résistances à la traction relatives à un fourgon électrique de livraison, sur différentes routes et à différentes vitesses (1).

Ce mémoire rend compte de l'étude des résistances à la traction, sur voies urbaines, relatives à un fourgon électrique de livraison muni de bandages de caoutchouc pleins. La « résistance à la traction » considérée comprend la résistance due à l'air immobile, mais non celle qui est due au vent, ni les résistances intérieures du châssis. Les recherches ont compris des trajets d'essai sur des longueurs de routes déterminées, à des vitesses mesurées, pour évaluer le débit global de la batterie pendant ces trajets, et des essais de laboratoire pour déterminer le rendement global du châssis entre les bornes de la batterie et les jantes des roues arrière, aux vitesses et aux charges correspondant aux essais sur route.

On a mesuré le débit de la batterie sur un châssis d'essai pour les deux sens d'un même trajet, sur des routes à revêtement normal, à différentes vitesses du combinateur. De ce débit on a déduit toutes pertes électriques et mécaniques correspondantes dans le châssis, telles qu'elles ont été déterminées par les essais de laboratoire. Le reste du débit a donc été attribué aux résistances : 1° de la route; 2° de l'air; 3° du vent.

On a éliminé la résistance due au vent en prenant la moyenne des résultats pour les deux sens d'un trajet; le résultat final était donc la somme des résistances de la route et de l'air.

On entend par « résistance de la route » la force horizontale nécessaire pour trainer le châssis, supposé sans frottements internes, sur la route horizontale, dans le vide. Par « résistance de l'air », on désigne la force horizontale qu'il faut appliquer au châssis pour surmonter la résistance de l'air, supposé immobile en l'absence du châssis. Par « résistance du vent », on désigne la force horizontale à appliquer au châssis pour vaincre la résistance de la vitesse de l'air, c'est-à-dire la vitesse de l'air par rapport au sol qui existe en l'absence du châssis.

Châssis. — Le châssis qui a servi aux essais est un fourgon de livraison de 750 kg, à transmission par pignon et vis sans fin et à réduction de vitesse unique. Sa charge utile est de 750 kg; il est muni d'un seul moteur série à courant continu. Son poids total, y compris moteur et batterie, mais sans charge ni voyageurs, est de 1910 kg. Chacune des quatre roues est munie d'un bandage démontable en caoutchouc

(1) A.-E. Kennelly et O.-R. Schurig. Communication présentée à l'American Institute of Electrical Engineers, le 27 juin 1916. *Proceedings of the A. I. E. E.*, juin 1916, t. XXXV, p. 1011-1039.

Digitized by Google

plein, calibré à 915 − 63,5 mm, et donnant réellement un diamètre à la jante d'environ 890 mm et une largeur d'appui de 63,5 mm. Ce type de châssis électrique est communément employé pour la livraison des colis en ville et en banlieue.

La réduction de vitesse entre le moteur et les roues arrière est opérée par un seul mécanisme comprenant une vis sans fin et un pignon. L'arbre du moteur est prolongé au moyen de deux joints universels U (fig. 1), jouant sous

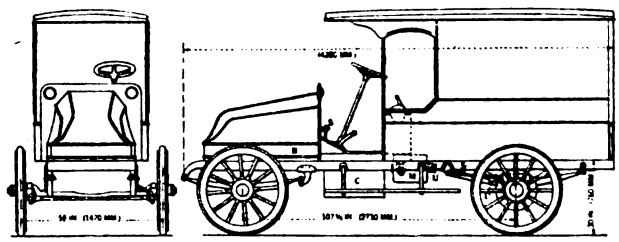


Fig. 1. — Élévations du véhicule d'essais (vue par le côté et vue par l'avant).

B Compartiment de la batterie contenant 45 éléments;
C Compartiment de la batterie contenant 15 éléments;
M Moteur du châssis;
U Joints universels;
S Arbre de transmission reliant le moteur à la vis sans fin;
O Compteur de vitesse.

l'action de la compression des ressorts due à la charge et aux chocs, jusqu'à la vis sans fin W (fig. 2). La vis W engrène avec le pignon R, qui fait un tour pour neuf tours de la vis ou du moteur; un train différentiel ordinaire

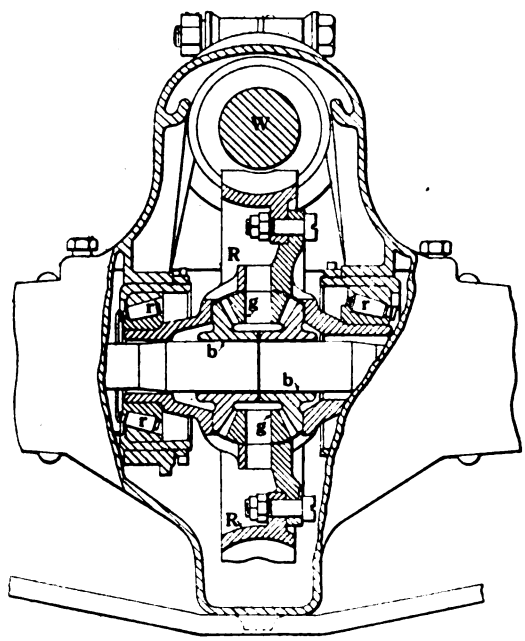


Fig. 2. — Coupe du différentiel.

W Vis sans fin;
R Pignon de vis sans fin (rapport 9 : 1);
gg Pignons fixés au pignon de vis sans fin R;
bb Pignons d'angle engrenant avec gg et reliés aux deux moitiés de l'essieu arrière;
rr Paliers à rouleaux coniques.

transmet la rotation du pignon aux roues. L'arbre moteur est supporté par des paliers à rouleaux r r. Le moteur électrique M (fig. 1) a les spécifications suivantes : 32 A, 60 V, 1 200 t : min. Ses caractéristiques d'après le constructeur sont représentées figure 3.

Le combinateur est du type à tambour; il a quatre vitesses avant et deux vitesses arrière. Le moteur a deux inducteurs

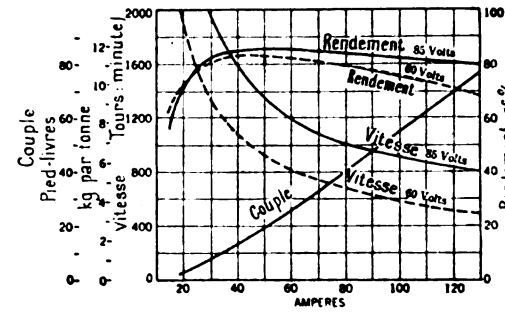


Fig. 3. — Caractéristiques fournies par le constructeur du moteur de l'automobile.

60 V, 32 A, 1 200 t : min, les deux inducteurs série sont reliés en parallèle l'un avec l'autre.

série qui peuvent être mis en série ou en parallèle l'un avec l'autre.

Batterie d'accumulateurs. — Elle comprend 60 éléments du type courant nickel-fer, d'une capacité de 225 A-h. Le courant normal de charge et décharge est 45 A; la tension moyenne par élément en décharge à 45 A est 1,2 V. La batterie entière, avec plateaux et connexions, pèse environ 550 kg.

Essais sur route. — La résistance (à part celle de l'air) offerte par une chaussée en palier à une voiture en mouvement dépend :

1° De la nature du revêtement;
2° De la dimension de la roue et de la nature du bandage;
3° De la vitesse;
4° Du poids du véhicule;
5° De la construction du véhicule, c'est-à-dire du fait qu'il est muni de ressorts ou non.

On a éliminé les différences résultant de 2° et de 5° en employant dans ces essais la même voiture, avec mêmes roues et mêmes bandages.

On a choisi certaines longueurs de chaussées urbaines typiques et presque sans pente, avec le concours du bureau des ingénieurs de la ville de Boston. On a parcouru avec la voiture chacune de ces longueurs, à une vitesse presque constante, et successivement dans les deux sens pour chaque position du combinateur. On a aussi essayé, dans quelques cas, l'effet de la charge du véhicule sur la résistance à la traction.

On conduisait les essais de la manière suivante : la batterie était chargée à fond avant le premier essai de la journée. Le personnel de la voiture comprenait le conducteur et deux observateurs. Le conducteur ne s'occupait que de diriger la voiture, en maintenant sur une position fixe la manette du combinateur; s'il était obligé de la déplacer ou d'appliquer les freins, on recommençait le trajet. Le premier observateur, assis à l'avant, à côté du conducteur, notait au chronographe les instants de départ et d'arrivée et relevait les indications des enregistreurs de vitesse. Le second observateur, assis dans la caisse de la voiture, observait continuellement les indications de tension et de courant aux

Digitized by Google

bornes de la batterie, fournies par des appareils. La longueur des trajets variait entre 120 m et 790 m. Pour chaque vitesse du combinateur, on faisait parcourir à la voiture le trajet d'essai trois fois dans chaque sens, immédiatement l'une après l'autre, de façon à éliminer à peu près l'influence du vent. On faisait aussi une correction relative à la variation de l'énergie cinétique du véhicule entre le commencement et la fin du trajet, car la vitesse n'était pas absolument constante pendant le parcours, bien que la position du combinateur restât fixe, qu'on eût choisi des routes de pente uniforme, et que la voiture fût mise en marche à une certaine distance avant le commencement du trajet repéré. De l'énergie totale fournie à la voiture, on retranchait donc la quantité

$$\frac{1}{2}\frac{W}{g}(v_2^2 - v_1^2) \text{ kg-m.}$$

W étant la masse accélérée en kg, v_2 et v_1 les vitesses en mètres à la fin et au commencement du trajet.

Essais de laboratoire. — Au laboratoire, les roues arrière de la voiture furent soulevées du sol et accouplées chacune par courroie à une dynamo génératrice. On fit alors fonctionner le moteur au moyen du combinateur, à un grand nombre de vitesses. Les dynamos étaient deux génératrices à courant continu, chargées par des rhéostats réglables.

La vitesse des roues était mesurée au moyen d'une magnéto accouplée par courroie à l'un des tambours de frein. Pour assurer l'égalité de vitesse des deux roues pendant l'essai, de façon que la charge se partageât également entre elles, conditions qui reproduisent celles de la route quand le véhicule marche en ligne droite, un compteur de glissement inséré entre les arbres des deux dynamos indiquait leur différence de vitesse. Les génératrices étaient excitées séparément. On mesurait leurs débits respectifs en volts et ampères, et des essais préalables avaient fait connaître leurs pertes mécaniques et électriques. On connaissait ainsi la puissance totale transmise par les courroies. Pour déterminer approximativement les pertes dans celles-ci, on fit deux essais successifs à faible charge, d'abord avec les grosses courroies de cuir employées normalement, ensuite avec de légères courroies de coton donnant lieu à des pertes négligeables, mais ne pouvant transmettre qu'une puissance très faible. La différence entre les puissances fournies dans ces deux essais donnait la valeur des pertes dans les courroies de cuir.

Les pertes par frottement dans les roues avant (environ 70 w au total) furent mesurées aussi en accouplant ces roues à celles d'arrière au moyen de courroies légères dans des essais spéciaux. On n'a pas tenu compte d'un accroissement possible du frottement dans les roulements des roues quand la rotation a lieu sous une pression plus forte (en marche normale), mais ce supplément de pertes était probablement très faible, toutes les roues étant munies de moyeux à rouleaux.

La somme des énergies débitées par les génératrices, des pertes dans leurs induits et des pertes dans les courroies fut considérée comme l'énergie fournie aux jantes des roues arrière de la voiture.

Résultats des essais. — Quoique le but originel de cette étude fût la détermination des résistances à la traction relatives à une voiture électrique, les essais ont fait connaître incidemment la valeur du rendement global entre les bornes de la batterie et les jantes des roues de cette voiture.

Rendement global du mécanisme moteur. — Voici quelques chiffres extraits des résultats :

DÉBIT DE LA BATTERIE (WATTS)	VITESSE PÉRIPHÉRIQUE DES JANTES DES ROUES ARRIÈRE (KM : H)	SOMME DES DÉBITS DES GÉNÉRATRICES ET DES PERTES (WATTS)	ÉNERGIE UTILE FOURNIE AU VÉHICULE SUR LA ROUTE	RENDEMENT GLOBAL POUR 100
1 860	31,6	1 132	1 066	57,3
3 350	10,0	2 664	2 598	78,5
3 980	17,6	3 164	3 098	77,8
5 075	14,5	3 947	3 881	76,5

Les pertes mentionnées dans la colonne 3 sont : les pertes ohmiques dans les induits des génératrices, leurs pertes magnétiques, et enfin les pertes dans les courroies. Les valeurs de l'énergie utile (colonne 4) ont été obtenues en soustrayant des chiffres de la colonne précédente 66 w pour les frottements dans les roues avant. Les valeurs indiquées dans la dernière colonne sont les rapports des nombres de la colonne 4 à ceux de la colonne 1.

Comme la tension de la batterie varie largement selon qu'elle est à pleine charge, en partie ou complètement déchargée, on a fait des essais de rendement dans deux cas: batterie complètement chargée, batterie en partie déchargée.

Les chiffres qu'on vient de citer se rapportent aux conditions suivantes : manette du combinateur sur le plot 4 (marche avant) ; batterie complètement chargée.

Les valeurs maxima du rendement global comprenant toutes les pertes mécaniques et électriques à partir des bornes de la batterie, celle-ci étant à peu près à pleine charge, sont les suivantes :

55 pour 100, manette sur le plot 1, marche avant à un débit de 2 000 w ;

73 pour 100, manette sur le plot 2, marche avant à un débit de 3 000 w ;

75 pour 100, manette sur le plot 3, marche avant à un débit de 3 500 w ;

78 pour 100, manette sur le plot 4, marche avant à un débit de 3 700 w.

En comparant les valeurs du rendement global avec les courbes de rendement du moteur fournies par le constructeur, on a constaté que le rendement de la transmission entre le moteur et les jantes des roues arrière est d'environ 90 pour 100 ; cette valeur élevée est due au fait qu'il n'y a

Digitized by Google

qu'une seule réduction de vitesse (par pignon et vis sans fin) entre le moteur et l'essieu arrière.

Résistance à la traction. — Voici quelques chiffres extraits du tableau de résultats d'un des essais.

Essai n° 19. — Poids total : 2 140 kg. — Longueur du trajet : 274 m.
Revêtement de la chaussée : macadam goudronné.

VITESSE KM : H	DÉBIT DE LA BATTERIE WATTS	DURÉE SECONDES	RENDEMENT GLOBAL DU CHASSIS EN POUR 100	PUISSANCE DE TRACTION WATTS	RÉSISTANCE A LA TRACTION KG : T	PENTE ÉQUIVALENTE POUR 100
15,7	2 340	63,0	54,5	917	10,0	1,8
18,3	2 370	53,9	70,0	1 157	10,8	1,08
19,6	2 600	50,4	71,0	1 279	11,2	1,12
21,8	2 970	45,2	75,0	1 539	12,1	1,21

D'autres colonnes non reproduites ici indiquaient les valeurs des pertes d'énergie : 1° dans le châssis lui-même ; 2° pertes dues à la pesanteur ; 3° pertes dues à la variation d'énergie cinétique.

Pour chaque essai, on construisit des courbes représentatives des résultats en portant en abscisses la vitesse en km : h, en ordonnées : la résistance à la traction en

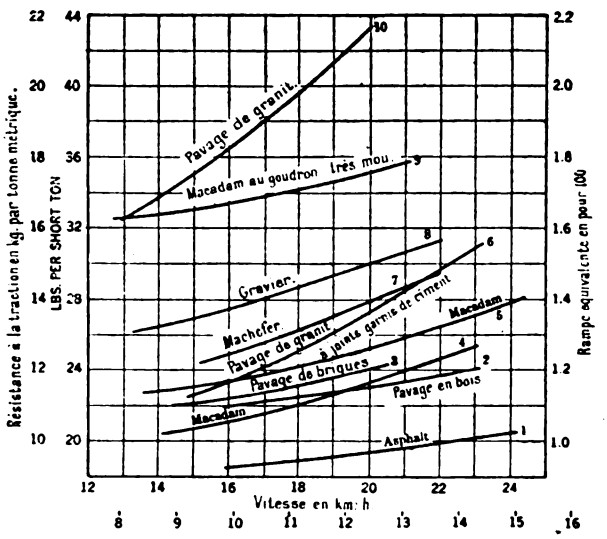


Fig. 4. — Résumé des essais de résistance à la traction.

kg : tonne. Les courbes de la figure 4 résument les résultats obtenus.

Les expériences ont porté sur les revêtements de chaussée suivants :

Asphalte. — 1° fondation de ciment hydraulique ou de béton ; 2° couche de pierre concassée et de ciment asphaltique (asphalte dissous) ; 3° couche superficielle de ciment asphaltique mêlé de sable.

Revêtement « bitulithique ». — Fondation de béton, de pavés de pierre ou de macadam, puis mélange de pierre concassée, de sable et de ciment asphaltique, mêlés avant d'être répandus. L'épandage de ce mélange se fait à chaud, et, après l'avoir passé au rouleau, on le recouvre d'une couche de ciment asphaltique chaud et de fins éclats de pierre. C'est en somme un macadam à l'asphalte.

Les essais ont montré qu'il n'y avait pas de différence appréciable entre les résistances à la traction offertes par l'asphalte et par le revêtement bitulithique ; ces résistances sont donc représentées par une même courbe. En raison de leur surface unie et de leur dureté, ces revêtements offrent une faible résistance à la traction des véhicules, quand ils sont en bon état.

Pavage en bois. — Il est formé de blocs rectangulaires de pin dur créosoté, placés les fibres verticales et la grande dimension normale à l'axe de la route, sur une fondation de béton, avec une mince couche de sable intercalée entre le béton et les pavés de bois. La courbe relative à ce pavage est presque horizontale, à cause de l'égalité de sa surface.

Pavage en briques. — Il est formé de briques vitrifiées à pavage, rectangulaires, posées sur une fondation de béton et une couche amortissante de sable, leur grande dimension étant normale aux trottoirs. On a trouvé pour ce genre de revêtement une résistance à la traction presque aussi faible que pour le pavage en bois, mais il donne lieu à une courbe plus rapidement ascendante, surtout quand sa surface est usée, probablement à cause des pertes par chocs et vibrations, plus accentuées sur ce revêtement moins uni.

Pavage en granit. — La fondation de ce revêtement est soit un lit de sable, soit une couche de béton, avec une couche de sable pour séparer les pavés du béton. Les joints sont remplis soit avec de petits cailloux et du sable, soit avec du mortier de ciment hydraulique. Le premier remplissage est exposé au délayage par les pluies et à l'enlèvement par le balayage, ce qui fait que les bords des pavés s'usent et rendent ce revêtement beaucoup moins uni que si les joints sont remplis au ciment. La courbe 6 de la figure 4, qui s'applique à un pavage de granit avec joints au ciment, monte plus rapidement que les courbes relatives aux revêtements précédents (brique, bois, asphalte) qui sont plus unis, et la courbe 10 de la même figure, relative au même pavage mais avec remplissage de sable et cailloux, montre une résistance à la traction croissant encore plus rapidement avec la vitesse, à cause de l'accroissement des pertes d'énergie cinétique dues aux chocs sur la route.

Revêtement de macadam. — Il se compose de plusieurs couches de pierres concassées (porphyrite, granit, calcaire, ardoise, etc.), ces pierres ayant de 7,6 cm à 1,3 cm environ de dimension maxima. Ces fragments sont agglomérés par un liant dont il existe deux types : 1° argile, limon, sable ou débris criblés très fins (poussière de pierre venant des broyeurs), répandus sur chaque couche de pierre

Digitized by Google

concassée, avec arrosage d'eau sur la surface ; 2° goudron, soit mêlé à la pierre concassée avant l'épandage de celle-ci, soit répandu sur la pierre après qu'elle a été étendue et passée au rouleau ; le type 1° est appelé macadam à l'eau, le type 2° macadam au goudron. La courbe 4 de la figure 4 se rapporte à un macadam à l'eau, la courbe 5 à un macadam au goudron, tous les deux en bon état ; ces courbes sont peu différentes. Quand le macadam est fraîchement goudronné et par suite très mou, la résistance à la traction est bien plus grande (courbe 9 de la figure 4). Quand le macadam à l'eau a reçu beaucoup d'huile, ce qui ramollit sa surface, on observe aussi une résistance à la traction plus grande.

Résumé pour toutes les sortes de chaussées urbaines essayées. — On déduit de ces courbes de la figure 4 que, dans les conditions de ces essais, la variation de la résistance à la traction en fonction de la vitesse, par unité de poids du véhicule, dépend de trois éléments principaux :

1° Une résistance constante (voir courbe 1, figure 5) (1) dont la grandeur *A* dépend du manque de résilience de la surface de la route et du bandage de la roue, c'est-à-dire des pertes d'énergie dues aux déplacements des matières formant le bandage et la surface de la route. Cet élément constant *A*

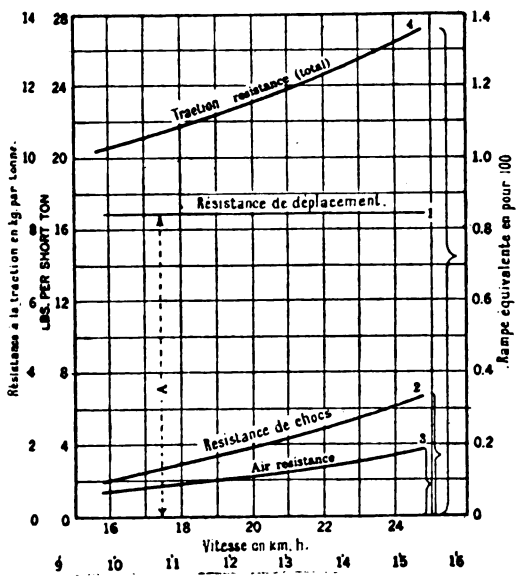


Fig. 5. — Décomposition approximative d'une résistance à la traction en kilogrammes par tonne métrique.

se rencontrerait sur une route unie, en palier, du type particulier auquel se rapportent les courbes de la figure 5, c'est-à-dire une route d'asphalte, en l'absence des résistances dues aux chocs, à l'air et au vent.

2° Une résistance croissant avec la vitesse, due aux pertes par chocs (courbe 2), qui résulte du défaut d'égalité de la surface de la route ; on observe en général que les pertes de ce genre varient à peu près comme la seconde puissance de la vitesse de choc.

3° Une résistance croissant avec la vitesse, due à la pression de l'air contre l'avant du véhicule (courbe 3), résistance qu'on sait dépendre approximativement de la deuxième puissance de la vitesse.

(1) Les données quantitatives de la figure 5 se rapportent à des chaussées d'asphalte.

La somme des ordonnées des trois courbes 1, 2, 3, donne la courbe 4.

On peut adopter pour les résistances auxquelles se rapportent ces trois courbes, les noms suivants :

Courbe n° 1 : résistance de déplacement (constante) ;

Courbe n° 2 : résistance de chocs ;

Courbe n° 3 : résistance de l'air.

La résistance de déplacement est faible pour les revêtements durs, élevée pour les revêtements mous (de résilience faible). La résistance de chocs est très marquée dans le pavage en granit, comme on l'a vu déjà. La résistance de l'air, à une vitesse donnée, est la même pour toutes les courbes, les pièces du véhicule influençant cette résistance étant restées les mêmes pendant toute la durée des essais. Pour le type particulier de chaussée auquel se rapporte la figure 5 (revêtement d'asphalte en mauvais état), à une vitesse de 20 km:h, la résistance de déplacement est 0,84 pour 100, la résistance de l'air 0,11 pour 100, la résistance de chocs 0,20 pour 100, et le total équivaut à une pente de 1,15 pour 100. (C'est la façon la plus commode d'exprimer les valeurs des résistances à la traction ; une route en palier offrant à la traction une certaine résistance peut être regardée comme ayant une résistance nulle, mais comme s'élevant en pente uniforme de x unités par 100 unités de longueur de la route, c'est-à-dire présentant une rampe fictive de x pour 100.)

La résistance de déplacement d'une route varie évidemment, non seulement avec le type et la qualité du revêtement de cette route, mais aussi avec le type, les dimensions et l'état des bandages des roues. Dans tous les essais ici décrits, on a conservé les mêmes bandages et leur état est resté pratiquement identique. La résistance de déplacement a varié de 0,85 pour 100 de rampe équivalente, pour un asphalte uni et dur ou un béton au bitume, à 1,6 pour 100 dans le cas d'un macadam ou goudron très mou ; elle est restée pratiquement constante, pour toutes les vitesses considérées, sur une route donnée.

La résistance de chocs croît avec la vitesse, avec le poids total du véhicule, avec l'importance des inégalités de la surface de la route. Dans ces essais, la résistance de chocs d'un bon revêtement d'asphalte, bitulithique ou autre, bien uni, a été trouvée pratiquement négligeable ; elle a atteint son maximum avec les pavages de granit à joints remplis de sable et avec les macadams très usagés.

Les divers revêtements pour voies urbaines peuvent se classer comme suit par ordre de mérite, au point de vue de la circulation des véhicules, la résistance à la traction étant considérée à la vitesse de 20 km:h : 1° asphalte ; 2° pavage de bois ; 3° macadam uni et dur ; 4° pavage de briques ; 5° pavage de granit avec joints au ciment ; 6° mâchefer, 7° gravier ; 8° pavage en granit avec joints au sable.

On a constaté que la présence d'une couche de poussière, épaisse de 1 cm par exemple, sur un bon macadam, accroît la résistance à la traction d'une pente fictive de 0,15 pour 100 à toutes les vitesses essayées.

L'étendue totale des résistances à la traction expérimentées, exprimées en pente équivalente, va de 0,93 pour 100 pour le meilleur revêtement d'asphalte à la plus faible vitesse, jusqu'à 2,7 pour 100 pour le plus mauvais revêtement de macadam, à la vitesse à peu près la plus élevée.

Pour une même vitesse de 20 km:h, on a trouvé une pente équivalente à peu près trois fois plus forte, pour un macadam très usagé, que pour le meilleur revêtement d'asphalte ; le rapport des énergies développées à la jante des roues est donc, dans ces deux cas, de 3 à 1.

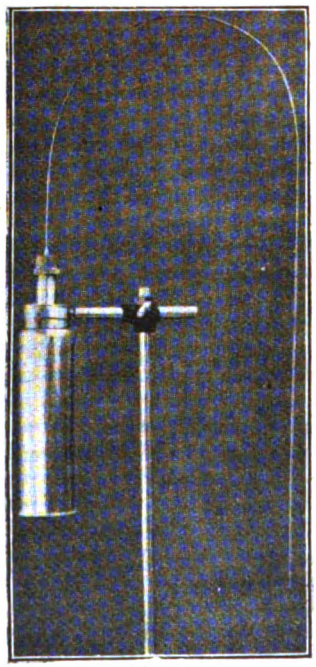
P. L.

Digitized by Google

La protection des couples thermo-électriques de laboratoire.

Le dispositif de protection que nous nous proposons de décrire a été progressivement perfectionné au Bureau of Standards (1). Il s'applique indistinctement aux couples pour hautes ou basses températures, qu'il garantit aussi bien contre les corrosions que contre les chocs mécaniques.

L'appareil complet avec son récipient est représenté en figure 1; la figure 2 montre les trois pièces principales séparées et enfin la figure 3 reproduit une coupe verticale de l'appareil. Ces trois figures se rapportent au côté soudure



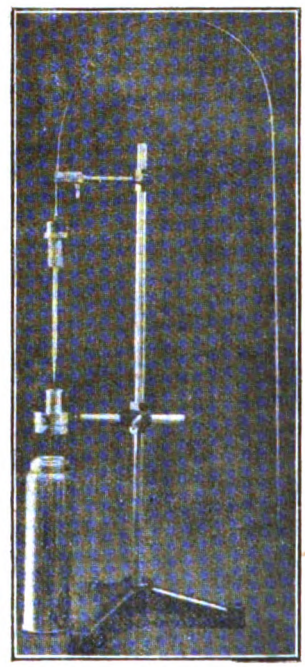


Fig. 1. Couple thermo-électrique protégé en ordre de marche; côté de la soudure froide. — Fig. 2. Les trois pièces principales vues séparément.

froide et à un couple cuivre-constantan fonctionnant jusqu'à 300° C; pour étendre ce même dispositif à un couple platine-platine-rhodié, il suffira d'y apporter quelques légères modifications.

On conserve leur guipage de soie aux fils de cuivre et de constantan et on renforce même leur isolement par immersion dans de la paraffine chaude. Les fils sont dénudés sur une longueur de quelques centimètres seulement du côté de la soudure chaude et l'un d'eux est enfilé dans un tube capillaire. La soudure chaude ainsi préparée est introduite dans une éprouvette protectrice en verre d'Iéna résistant à la chaleur, qui est mastiquée (avec du ciment de Klotinsky) dans un manchon soudé lui-même à l'extrémité d'un tube de cuivre souple. Les fils traversent ce dernier tube et vont rejoindre le côté soudure froide dont nous allons détailler la description en nous aidant de la figure 3. Nous rencontrons d'abord le pendant du tube souple auquel est soudé le manchon A qui se visse dans le bouchon d'acajou B préalablement imprégné par immersion dans un bain de paraffine à 120° C. La jonction du couple à un potentiomètre ou à un galvanomètre se fait par les bornes C et D. Ce sont des tiges de cuivre rondes dont la partie supérieure est perforée suivant l'axe de façon à constituer un logement pour les conducteurs externes; un prolongement inférieur sert à connecter l'un des fils du couple lui-même, le fil de cuivre par exemple; le fil de constantan est alors d'un seul morceau. Le bouchon isolant B se visse dans une éprouvette de cuivre E, renforcée à sa partie supérieure par un collier molleté F. Le fond de l'éprouvette E est percé d'un trou pour livrer passage au tube de verre G, qui descend jusqu'au milieu du bain de glace et dont l'extrémité étirée H sert de fourreau à la soudure froide.

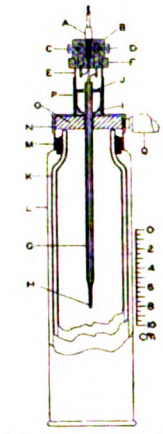


Fig. 3. — Coupe verticale du dispositif de protection du côté de la soudure froide.

Les extrémités cuivre doivent être soudées aux prolongements des bornes C et D avec très peu de matière, puis on enroule le fil avec son isolant plusieurs fois autour de ces mêmes prolongements pour éliminer les forces thermo-électriques parasites. On coule de la paraffine sur le nœud ainsi formé. I est une capsule de verre contenant de l'anhydride phosphorique protégé par une couche de laine de verre et un bouchon J en fibre paraffinée; elle est fixée au fond du tube E avec de la cire à cacheter.

La glace qui entoure la soudure H est contenue dans un flacon à vide K, du type « Caloris », qui est protégé par une boîte mince en nickel L. Au col de celle-ci est soudé un anneau épais de cuivre, muni de deux pointes qui servent à rattacher le flacon à glace à la douille N par une fermeture à baïonnette. Les pointes sont visibles sur la figure 2 et, sur les figures 1 et 2, on aperçoit un ressort destiné à empêcher le desserrage du joint.

Le fond de la douille N est garni d'un bouchon de liège paraffiné contre lequel vient s'appuyer le flacon K sous la poussée d'un ressort à boudin disposé au fond de la boîte L. La douille N est prolongée par un tube fendu P dans lequel coulisse à frottement doux la tête E du couple. L'ensemble est porté par la tige ronde Q et construit pour s'adapter aux supports normaux du laboratoire.

Le tube de cuivre souple qui sert de trait d'union entre les deux éléments du couple doit être assez flexible pour se courber et cependant assez rigide pour présenter une certaine résistance à la déformation, de façon à empêcher les fils de prendre une courbure exagérée, qui introduirait des irrégularités. Les tubes à vide sont capables de conserver la glace dans de bonnes conditions pendant deux jours. Le renouvellement de la provision est d'ailleurs facilité par la fermeture à baïonnette qui permet d'enlever la boîte L sans déranger autre chose.

B. K.

(1) ARTHUR W. GRAY, *Scientific Papers of the Bureau of Standards*, n° 276, 10 mai 1916.

Les prix de l'Académie des Sciences.

Dans sa séance annuelle de décembre, l'Académie des Sciences de Paris a décerné les prix relatifs aux concours de 1916. Les difficultés matérielles que, en raison des circonstances actuelles, nous avons rencontrées dans la mise en train de la « Revue générale de l'Électricité », nous ont empêchés jusqu'ici de signaler les noms des lauréats des

Digitized by Google

concours. Réparant aujourd'hui ce retard involontaire, nous donnons ci-dessous la liste des prix accordés pour des travaux se rapportant à l'électricité ou aux sciences et industries connexes.

Prix Montyon (Mécanique). — Ce prix annuel, de 700 fr., est attribué à M. E. Mérigeault, professeur à l'Ecole des Mines de Saint-Etienne, pour l'ensemble de ses travaux sur les ventilateurs et les pompes centrifuges et sur les moteurs à gaz et à pétrole.

En 1905, M. Mérigeault a publié dans les « Annales des Mines » une *Théorie des moteurs à gaz et à pétrole*. Ainsi qu'il le fait observer dans l'introduction, on a trop souvent traité ce sujet par des méthodes qui sont en flagrante opposition avec les lois fondamentales de la thermodynamique. On a, notamment, appliqué indûment le principe de Carnot. La théorie proposée échappe à cette critique. Entièrement basée (comme celle, antérieure, de M. Marchis) sur le principe de l'équivalence, elle conduit, de la manière la plus simple à une évaluation correcte du rendement : elle montre bien l'influence de la compression préalable et celle de la vitesse de combustion. Elle confirme le fait établi dès 1902 par M. Lecornu que, si l'on néglige les pertes de chaleurs à travers les parois du cylindre et si l'on ne s'impose aucune limite de pression, la combustion instantanée est la plus avantageuse. Ce travail est complété par un appendice où il est établi qu'on peut concevoir, pour un moteur à gaz, des cycles ayant un rendement supérieur à celui du cycle de Carnot, limité aux mêmes températures. Ce résultat ne contredit nullement la thermodynamique classique; mais il prouve quelle imprudence on commet quand on prétend comparer le cycle d'un moteur à combustion interne avec celui de Carnot, alors qu'un pareil cycle n'est pas fermé et ne reçoit de chaleur d'aucune source extérieure.

En octobre 1912, dans deux notes insérées aux « Comptes rendus de l'Académie des Sciences », M. Mérigeault est revenu sur la question de l'influence de la vitesse de combustion. Il a montré que, si des considérations de résistance des matériaux limitent la pression admissible dans le cylindre, on a intérêt après avoir poussé la compression préalable aussi loin que possible à effectuer une combustion instantanée « partielle », jusqu'à l'obtention de la pression limite, et à achever ensuite la combustion à pression constante. C'est à peu près ce qui se passe dans le moteur Diesel, et à ce propos on ne peut s'empêcher de remarquer que Diesel, partant d'une croyance erronée à l'avantage de la combustion isothermique, que des difficultés pratiques l'ont empêché de réaliser, est arrivé, à force de tâtonnements, à faire précisément ce que commandait la saine théorie.

Prix H. de Parville (Mécanique). — Ce prix annuel, de 1 500 fr, destiné à récompenser des travaux originaux de physique ou de mécanique, est attribué à M. Leonardo Torres y Quevedo, membre de l'Académie des Sciences de Madrid, pour ses nombreuses inventions concernant des mécanismes compliqués tels que les machines à calculer et le télékine. On sait d'ailleurs que dans ces mécanismes on fait un fréquent usage de l'électricité, particulièrement dans le télékine qui est un appareil de commande à distance par les ondes hertziennes.

Prix Janssen (Astronomie). — La médaille d'or est décernée à M. Ch. Fabry, professeur à la Faculté des Sciences de Marseille ; une médaille de vermeil à l'un et à l'autre de ses collaborateurs : M. Henri Buisson, professeur adjoint à la Faculté des Sciences, et M. Henry Bourget, directeur de l'Observatoire de Marseille.

Prix Plumey (Navigation). — Ce prix annuel, de 2000 fr, est destiné à récompenser l'auteur des perfectionnements des machines à vapeur ou de toute autre invention qui aura le plus contribué aux progrès de la navigation à vapeur, il est attribué à l'un des collaborateurs de la Revue, M. Louis Barbillion, professeur à l'Université et directeur de l'Institut électrotechnique de Grenoble, pour ses belles recherches sur la régulation des groupes électrogènes.

Le rapporteur de la Commission chargée d'examiner les travaux présentés au concours, M. Lecornu, s'exprime comme il suit au sujet de ceux du lauréat :

« M. Barbillion s'est donné la tâche d'approfondir les conditions de régime d'une usine productrice d'électricité, quel que soit le genre de moteur et quel que soit le mode de régulation. Il a résumé ses recherches dans un volume qui a paru en 1915 sous le titre : *Leçons sur le fonctionnement des groupes électrogènes en régime troublé : perturbations, régulation, asservissement, compensation*. Ainsi qu'il nous le dit dans la préface écrite à Belfort, « la publication « de ce petit ouvrage, achevé en juin 1914, a subi un long « temps d'arrêt en raison des circonstances actuelles ; « l'une des moindres raisons de ce retard n'est pas le « fait, pour son auteur, d'avoir été mobilisé dès les pre- « miers jours ».

» M. Barbillion est présentement capitaine du Génie, chargé de mission auprès de la Direction de l'Aéronautique pour l'étude des applications de l'électricité, et décoré de la Croix de guerre.

» L'auteur fait habilement usage de la méthode graphique, qui se prête plus aisément que la méthode analytique à la complexité des données expérimentales. Les points suivants méritent d'être spécialement signalés.

» Le servo-moteur, imaginé jadis par Farcot, est entré dans la pratique courante ; mais l'étude de son mode de fonctionnement n'a guère été entreprise jusqu'ici. M. Barbillion nous donne une analyse soignée des divers modes connus d'asservissement et l'indication de procédés nouveaux suggérés par la théorie. On remarque en particulier l'ingénieux emploi de cames permettant d'établir telle relation que l'on veut entre les positions du régulateur et celles du vannage.

» Le régulateur à force centrifuge a le tort d'agir tardivement, parce qu'il attend que la vitesse ait subi une variation notable. Cette défectuosité disparaîtrait s'il était sensible à la dérivée de la vitesse, c'est-à-dire à l'accélération. Les régulateurs d'inertie répondent à ce desideratum, mais on se heurte alors à un inconvénient non moins grave ; rien ne garantit qu'une accélération trop faible pour impressionner le régulateur d'inertie ne produira pas, si elle persiste longtemps, une variation inadmissible de la vitesse. Il faut donc combiner l'action de la force centrifuge avec celle de la force d'inertie, et c'est ce que l'on fait maintenant dans la plupart des appareils dits *régulateurs-volants*, créés en vue de la régulation directe. M. Barbillion recherche les moyens d'étendre la solution au cas de la régulation indirecte. Le procédé qu'il préconise consiste à subordonner la vitesse de la vanne à l'accélération d'un servo-moteur.

» Les derniers chapitres traitent de la compensation et de l'hypercompensation. La compensation, dont le principe est bien connu, a pour objet de rétablir peu à peu, par une modification automatique de la liaison existant entre le régulateur et la vanne, la grandeur initiale de la vitesse de régime quand cette vitesse se trouve réduite par le fait d'un

Digitized by Google

accroissement de résistance. M. Barbillion appelle *hypercompensation* tout procédé destiné à exagérer, en quelque sorte, la compensation, de façon que l'accroissement de résistance aboutisse finalement à une augmentation de vitesse. Après une étude comparative des divers mécanismes de compensation, il analyse avec soin la répercussion de la compensation sur l'effet d'une perturbation quelconque, et montre comment on peut éviter que cette répercussion nuise à la bonne marche de la machine. L'hypercompensation paraît devoir fournir une solution simple du problème du compoundage des alternateurs; M. Barbillion trouve qu'elle est réalisable, hormis toutefois le cas de plusieurs groupes d'alternateurs couplés en parallèle.

» Bien que l'ouvrage ait surtout en vue le fonctionnement d'un moteur hydraulique actionnant une dynamo, les idées, les méthodes de discussion qui s'y rencontrent ont une portée assez générale pour intéresser tous ceux qui s'occupent de la régulation de la marche des moteurs, et notamment les constructeurs de machines marines, à l'usage desquels Farcot a imaginé son premier servo-moteur. »

Prix Kastner-Boursault (Physique). — Ce prix annuel, de 2 000 fr, est décerné au regretté Eric Gerard.

M. Violle, rapporteur, rappelle dans les termes suivants les titres d'Eric Gérard à cette récompense :

« Eric Gérard a tenu une grande place dans l'électrotechnique, dont il fut un vaillant pionnier de la première heure.

» Directeur de l'Institut Montefiore, membre de la Commission internationale des Unités électriques, il était connu de tous les électriciens qui le tenaient en haute estime. Particulièrement apprécié en France, il y comptait de nombreuses et sincères amitiés. L'envahissement de sa patrie, si traîtreusement et si cruellement violée, l'a frappé au cœur; il s'est éteint parmi nous sans avoir pu assister à la victoire qui l'aurait ramené dans sa chère ville de Liége. L'Académie rendra à sa mémoire l'hommage qui lui aurait été le plus sensible, en lui décernant le prix Kastner-Boursault, spécialement destiné à récompenser l'auteur d'un progrès important de l'électricité dans les arts, l'industrie et le commerce. »

Prix Hébert (Physique). — Ce prix annuel, de 1 000 fr., est attribué à M Jules Lemoine.

Les travaux de M. Jules Lemoine ont porté principalement sur les effets optiques de l'électricité.

Il étudie d'abord la biréfringence que, suivant Kerr, un milieu isotrope acquiert sous l'action d'un champ électrique. Par des mesures précises, il confirme que la biréfringence du sulfure de carbone est proportionnelle au carré de la force électrique, et il obtient la valeur absolue de la constante réglant le phénomène.

Puis, de concert avec M. Abraham, qui vient d'établir la décomposition d'un courant alternatif à haut potentiel en une succession de décharges disruptives, il entreprend de déterminer si la biréfringence produite par la force électrique aurait quelque retard sur cette force. A cet effet, une méthode nouvelle est instituée, pour mesurer des durées infinitésimales, par les espaces que parcourt la lumière pendant ces durées mêmes. Si nous nous rappelons qu'en un milliardième de seconde la lumière parcourt 30 cm, nous concevons la sensibilité de la méthode. La disposition de l'expérience est d'ailleurs très simple. Un condensateur à lames parallèles, immergées dans une cuve remplie de sulfure de carbone, est mis en relation avec les pôles d'un transformateur à haut voltage; et, en se déchargeant dans un déflagrateur approprié, il donne une étincelle très éclatante, d'où l'on obtient aisément un faisceau de rayons parallèles traversant la cuve. La distance du déflagrateur au milieu de la cuve est de 20 cm. Si donc l'étincelle était instantanée, la mesure photométrique de la biréfringence donnerait la valeur du phénomène de Kerr presque à l'instant de l'étincelle. Que maintenant on intercale, entre le déflagrateur et la cuve, un chemin variable à volonté et facile à connaître exactement, en mesurant la biréfringence, dans chaque cas, on aura autant de valeurs du phénomène en fonction du temps. On constate ainsi qu'après un cent millionième de seconde la biréfringence a disparu. Ce cent millionième de seconde comprend :

1° Le temps que l'intensité lumineuse de l'étincelle met à s'établir;

2° Le temps que le champ électrique emploie à disparaître;

3° Le retard possible du phénomène de Kerr sur le champ électrique.

Donc chacun de ces phénomènes, pris séparément, ne dure pas un cent millionième de seconde.

La même méthode permet de reconnaître que la polarisation rotatoire magnétique n'a pas une durée d'un cinquante millionième de seconde. Cette limite est un peu moins bonne que celle que l'on a trouvée pour le phénomène de Kerr. Mais le solénoïde, que l'on est bien forcé d'accepter ici autour du tube contenant le sulfure de carbone, augmente la durée de la décharge. En intercalant ce même solénoïde dans le circuit de décharge du condensateur de Kerr, on trouve le même amortissement. Cette coïncidence rend très vraisemblable que la polarisation rotatoire magnétique et le phénomène de Kerr suivent sans retard la variation des champs qui les produisent.

Seraient encore à citer : les résultats très intéressants obtenus par M. Lemoine, avec M. Chapeau, touchant les différents régimes que peut présenter l'étincelle fractionnée par soufflage entre boules de différents métaux; et le concours qu'il a tout dernièrement prêté à notre confrère, M. H. Le Chatelier, dans une étude sur l'hétérogénéité des aciers et sur un nouveau moyen d'examen qui complète très utilement les renseignements déjà fournis par l'analyse chimique et l'examen micrographique usuel.

Prix Hughes (Physique). — Ce prix annuel, de 2 500 fr, est décerné à M. L. Chaumont, blessé mortellement le 8 septembre 1914 à Meaux, mort le 27 septembre à l'hôpital de Rennes. M. Chaumont est l'auteur d'un très important travail : *Sur le phénomène électro optique de Kerr et sur les méthodes servant à l'étude de la lumière polarisée elliptiquement*, qui valut à son auteur le grade de docteur ès sciences avec la mention « très honorable ».

Prix Montyon (Médecine et Chirurgie). — Une mention de 1 500 fr est attribuée au Dr Jules Glover pour son travail sur la transmission à distance des vibrations vocales par tous les tissus du corps, os, muscles, organes, etc. et pour les applications qu'il en a faites à la téléphonie avec ou sans fil et à la phonographie.

Prix Jean Reynaud. — Il est décerné à feu Henri Amagat, pour l'ensemble de ses travaux.

Prix Henri de Parville. — Un prix de 500 fr est attribué à notre collaborateur M. Daniel Bellet pour son ouvrage « La mer et l'homme »; un autre prix de 500 fr est accordé à M. E. Montoriol, inspecteur des postes et télégraphes, pour son ouvrage sur la technique télégraphique en France depuis son origine.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

Les corrosions des surfaces métalliques immergées

Causes et remèdes. — Étude spéciale des condenseurs à surface.

L'auteur rappelle les expériences de l'Institute of Metals sur la corrosion des alliages, et énumère les multiples influences qui peuvent favoriser la corrosion des appareils industriels en prenant, comme exemple, le cas d'un tube de condenseur en laiton. Contre ce mal, les précautions employées jusqu'ici sont : ou passives (choix d'un alliage convenable), ou mécaniques ou de nature électrochimique. Elles ont donné des résultats plutôt médiocres; au contraire, la méthode récente de Cumberland s'est révélée d'une efficacité incontestable partout où elle a été appliquée; elle consiste à opposer en permanence une tension supérieure à la tension due aux réactions qui se développent dans la corrosion. L'auteur en fait une intéressante description.

Tous les industriels ont eu l'occasion d'observer les corrosions qui détériorent, souvent sans cause évidente, les parties métalliques de leurs installations en contact avec l'eau. En particulier, les ingénieurs des stations centrales constatent fréquemment, surtout dans les usines côtières, des corrosions dans les générateurs de vapeur, les pompes et les condenseurs à surface.

Quoique les idées soient encore bien mal définies sur ce point, la théorie communément admise attribue, sans doute à bon droit, la grande généralité des corrosions à l'action de couples électrochimiques qui se forment dans les appareils et qui sont constitués par l'eau, une anode qui peut être un organe métallique ou un corps étranger, et une cathode qui n'est autre que la masse métallique de l'appareil, laquelle tend à se détruire soit dans son ensemble, soit localement.

La présente étude a pour objet d'exposer, dans cette matière encore peu étudiée, les faits bien établis et les idées les plus plausibles, et de grouper les remarques d'ordre pratique suggérées par l'expérience, d'exposer enfin le principe d'une méthode nouvelle, ou du moins inappliquée encore, à ce qu'il semble, dans notre pays.

Les exemples empruntés, par endroits, à l'art des constructions navales ne font qu'illustrer des considérations destinées surtout aux techniciens qui étudient, installent ou exploitent des centrales électriques.

I. — **Études de l'Institute of Metals.** — L'Institute of Metals, dont le siège est à Londres (Westminster), a pour objet l'étude de la production et de l'utilisation des métaux usuels autres que le fer.

La question des corrosions est une de celles qui a retenu son attention d'une façon toute particulière. En vue de l'étudier, il a créé et subventionné un Comité de recherches, composé de MM. William E. Gibbs, Guy D. Bengough, tous deux professeurs de métallurgie à l'Université de Liverpool, et Richard H. Smith, ingénieur métallurgiste. (Notons que M. Bengough est actuellement capitaine d'artillerie dans l'armée britannique.)

Le Comité poursuit, depuis plusieurs années, des séries d'expériences de laboratoire, méthodiques et minutieuses, et centralise d'autre part des renseignements d'origine industrielle, fournis surtout par des exploitants.

Il n'entre pas dans le cadre de cette étude d'exposer, dans leur ensemble et leur détail, les résultats déjà nombreux des recherches du comité. J'en dirai seulement quelques mots, pour donner au public technique français une idée des méthodes appliquées, des classifications adoptées et des résultats déjà sûrs. Je devrai d'ailleurs, pour cela, emprunter quelques expressions à la terminologie que, pour l'étude d'une question encore si obscure, le Comité a dû instaurer.

Dans chaque série d'expériences, on a étudié plusieurs alliages, sous forme d'éprouvettes de métal étiré dur, ou recuit, notamment les alliages suivants :

Laiton ordinaire à 70 parties de cuivre et 30 parties de zinc;

Métal Muntz à 61 parties de cuivre et 39 parties de zinc;

Laiton amirauté à 70 parties de cuivre, 29 parties de zinc et 1 partie d'étain;

Laiton à 70 parties de cuivre, 28 parties de zinc et 2 parties d'étain;

Bronze phosphoreux à 4 pour 100 d'étain;

Bronze d'aluminium à 8 pour 100 d'aluminium.

Pour chaque alliage on a étudié :

L'influence de la température, maintenue, au moyen d'un thermostat à 15°, 30°, 50°, 60° C (1).

L'influence de la composition de l'eau : eau de mer, stagnante ou renouvelée fréquemment, eau de mer diluée, solutions de chlorure de sodium, d'anhydride carbonique (2).

(1) Le comité emploie dans ses notations les degrés Celsius et non les degrés Fahrenheit.

(2) La teneur moyenne en sels est, pour l'Atlan-

Digitized by Google

L'influence de l'aération de l'eau.

L'influence de l'état physique du métal : métal poli ou non, chauffé irrégulièrement, avec bulles d'air adhérentes.

L'influence de matières solides en contact avec le métal, notamment de particules de coke.

Il va sans dire que toutes les variables étaient indépendantes, et que toutes les séries d'expériences étudiaient toutes les combinaisons possibles.

On a ainsi distingué deux espèces de corrosion :

Corrosion « complète », dans laquelle les constituants de l'alliage se dissolvent simultanément et avec la même rapidité.

Corrosion « sélective », dans laquelle un seul des constituants se dissout. Il s'agit d'ailleurs, très généralement du zinc : il se produit une « dézincification ».

Ce phénomène est généralement localisé et se manifeste sous forme de taches d'oxychlorure de zinc, ou de cuivre spongieux.

Les principaux résultats des recherches de laboratoire qui ont complété, contrôlé et surtout mieux ordonné les résultats bruts des observations industrielles, avec lesquelles d'ailleurs ils restent bien entendu d'accord, sont les suivantes :

Le laiton à 70 parties de cuivre et 30 parties de zinc est satisfaisant dans l'eau de mer normale, à une température inférieure à 50°C. Aux températures supérieures, ou dans l'eau de mer diluée, il ne mérite aucune confiance.

Le laiton à 70 parties de cuivre, 29 parties de zinc et 1 partie d'étain, résiste mieux que le précédent à la dézincification, sauf dans l'eau de mer très diluée.

Le laiton à 70 parties de cuivre, 28 parties de zinc et 2 parties d'étain, résiste beaucoup mieux que les deux précédents aux causes de dézincifications locales et sélectives, mais il est encore très énergiquement attaqué par l'eau de mer diluée.

Le métal Muntz présente surtout des avantages d'ordre mécanique et constructif ; il n'est pas supérieur aux précédents pour la résistance aux corrosions.

Le bronze phosphoreux se comporte très bien dans l'eau de mer ordinaire ou peu diluée ; il est attaqué par contre par l'eau de mer diluée ou à une température atteignant 50°C. Cet alliage est plutôt plus résistant que les précédents. Il ne peut toutefois être employé pour les tubes ; mais il reste d'un bon emploi pour d'autres pièces telles que les plaques tubulaires pour condenseurs et les mobiles de pompes centrifuges.

Le bronze d'aluminium se dissout très lentement dans l'eau de mer ordinaire à toutes les températures ; pratiquement, il n'est pas attaqué par l'anhydride carbonique ; par contre, il est fortement attaqué par l'eau de mer diluée.

On peut remarquer, en passant, que la sensibilité plus grande des alliages pour l'eau de mer diluée se rattache à un groupe de faits très général.

Les acides purs ne sont pas décomposés par les métaux.

Dans les usines à produits chimiques, on transporte dans des fûts ou des tuyaux en fer les acides les plus énergiques : acides sulfurique ou nitrique, oleum, sans aucun inconvénient ; par contre, la présence accidentelle de l'eau ou même de l'humidité atmosphérique suffit pour déterminer l'attaque.

On peut dire enfin qu'à l'heure actuelle il n'existe aucun alliage usuel qui soit à l'abri des corrosions, de par sa composition seule.

Les recherches faites à ce sujet sont, selon toute vraisemblance, parfaitement chimériques ; ce qui donne un intérêt à la méthode électrique de protection dont je parlerai plus loin.

Mais il ne s'agit jusqu'ici que d'expériences faites sur des éprouvettes. Les résultats observés en ce qui concerne la composition des alliages et son influence corroborent entièrement ceux qu'avait déjà fournis la pratique industrielle.

Examinons maintenant ce qui peut se passer dans un appareil industriel en service.

II. Production des corrosions dans les appareils industriels. — Prenons, pour fixer les idées, un tube de condenseur en laiton. Il peut arriver que ce tube présente une corrosion uniforme et « complète », auquel cas il pourra durer fort longtemps. Ce n'est là toutefois qu'une exception, et généralement la corrosion se manifeste par des taches à contours bien définis, distribuées irrégulièrement le long du tube.

L'attaque localisée se concentre sur le zinc et produit une tache spongieuse et friable.

Parfois le cuivre résiduel reste non dissous et forme finalement comme un goujon de cuivre à travers l'épaisseur du tube ; d'autres fois, il se dissout et est entraîné mécaniquement, un creux se forme ainsi qui, avec le temps, détermine la perforation du tube.

Cette « dézincification sélective » est plus active dans les circonstances suivantes :

a) *Eau de mer aérée*, surtout si l'agitation de l'air est violente. Il faut remarquer que toute l'eau qui passe dans les tubes est en état d'aération. A l'entrée de chaque tube, l'eau manifeste une tendance à s'agiter et à écumer. Ce phénomène prend place en un point bien défini, que les auteurs anglais appellent « churning point » (point d'agitation), après quoi l'eau reprend son écoulement régulier le long du tube. La distance entre le churning point et l'entrée dépend de la vitesse de l'eau et du diamètre du tube ; d'ordinaire, elle reste invariable.

tique Nord, la Manche, la mer du Nord, la suivante :

Chlorure de sodium.....	27,37 g par litre.
— de magnésium.....	3,36 —
Sulfate de magnésium.....	2,24 —
— de calcium.....	1,32 —

soit une salinité de 34 millièmes environ.

La salinité est de 40 millièmes pour la Méditerranée, de 12 millièmes pour la mer Noire, de 5 millièmes pour la Baltique.

La salinité des mers est affectée par l'apport en eau douce des fleuves, et par l'intensité de l'évaporation, c'est-à-dire par la température moyenne de l'atmosphère et le régime des vents.

Digitized by Google

En ce point, l'eau est violemment agitée ; par suite, les particules solides qu'elle peut tenir en suspension sont projetées contre la paroi du tube et y déterminent une continuelle érosion. En même temps, cette agitation accroît l'importance de la corrosion « complète », notamment aux basses températures.

b) *La quantité d'anhydride carbonique dissous est notable.* — Ce point est à considérer dans les installations des pays chauds, ou même de la Méditerranée, où l'eau contient souvent une proportion considérable d'anhydride carbonique qui prend naissance, dans certaines conditions, par suite de la décomposition des végétaux.

c) *Concentration saline faible.* — L'eau de circulation n'est jamais chimiquement pure. Elle forme une solution saline de concentration beaucoup plus faible à l'estuaire des fleuves qu'en haute mer, et naturellement extrêmement faible s'il s'agit d'eau de rivière. Ce point doit être tout spécialement examiné si l'eau dont on dispose provient d'un cours d'eau qui dessert également des usines chimiques, ou d'eau de forage quand on n'est pas bien fixé sur la nature du sous-sol.

C'est pourquoi, certains cahiers des charges, quoique relatifs à des installations établies à terre, spécifient que les condenseurs doivent être établis comme pour l'eau de mer.

d) *La température de l'eau est relativement élevée.* — C'est le cas, par exemple, dans les pays chauds, ou quand un tube est engorgé, l'obstruction partielle déterminant localement une température excessive.

e *Irrégularité des conditions physiques du métal.* — Un alliage étiré dur est attaqué moins rapidement que l'alliage correspondant recuit.

Par contre, le métal dur est plus susceptible de subir des attaques localisées. Ce fait est dû sans doute à la présence de zones de métal particulièrement écroui, lequel, étant plus électropositif que le reste du métal, donne naissance à de faibles forces électromotrices locales.

Une action analogue se produit quand certaines parties de la pièce ont été comprimées, matées, rivées, embouties, martelées, déformées d'une manière quelconque, soit lors de la fabrication, soit par suite d'efforts inégalement répartis dans la pièce une fois installée et en service.

La partie écrouie et forcée devient électropositive par rapport à la partie tendre ou demeurée normale.

Ce phénomène est fréquent dans les chaudières à vapeur ; il est même particulièrement notable, dans le cas de tuyaux en cuivre, si ceux-ci comportent des courbures ou ont été travaillés au marteau. Ces tubes apparaissent comme piqués ou comme rayés suivant la façon dont la matière aura eu à travailler. L'action locale est prépondérante sur les rebords des tuyaux où la brasure a modifié la nature du métal.

Les tuyauteries d'injection et de décharge, pour la circulation d'eau de mer dans les condenseurs à surface, souffrent considérablement de cette action corrosive, spécialement dans le cas des navires de guerre et des grands paquebots équipés avec appareil moteur à turbines. La raison de ce fait est que les tuyauteries de connexion entre condenseur et turbine sont larges et rigides, et que, pour permettre la libre dilatation du bâti de la turbine, le condenseur est monté sur pattes coulissantes. Aussi, là où les tuyauteries d'entrée et de décharge sont relativement peu étendues dans le sens de la longueur, les efforts sont élevés, ce qui suffit à déterminer une sérieuse action corrosive.

On a dû par suite, sur les navires de guerre, éliminer les tuyauteries en cuivre pour cette application, et les remplacer par des tuyauteries en bronze plus épaisses.

Mais, si le bronze se comporte un peu mieux que le cuivre, quant aux corrosions, il ne faut pas oublier que les pièces sont plus coûteuses, plus difficiles d'exécution et plus rigides, ce qui les rend plus sujettes aux ruptures.

En ce qui concerne spécialement les tubes de condenseurs à surface, la corrosion « sélective » commence souvent le long des sillons que produisent dans le métal les opérations d'étirage.

On a observé aussi, à plusieurs reprises, un cas assez curieux et qui montre avec quelle minutie il y a souvent lieu d'entrer dans le détail. Lorsqu'un tube passe de façon lâche à travers un diaphragme (plaque intermédiaire), les vibrations, alors inévitables du tube contre la plaque, produisent un sillon sur la face, côté vapeur, du tube ; le durcissement du métal causé par cette action de martellement accélère grandement la corrosion locale du côté du tube exposé à l'eau.

La dézincification locale et la perforation se produisent de la même manière sur un tube recuit. Des différences locales dans les qualités physiques du métal résultent en effet de l'étirage et subsistent malgré le recuit et le traitement à l'acide.

Évidemment, les faits ne fournissent pas de motifs déterminants pour choisir entre le métal étiré dur et le métal recuit. On pourrait d'ailleurs supposer que l'influence des irrégularités locales dans la condition du métal se limite à la phase initiale de l'attaque corrosive, et, par la production de trous ou simplement d'inégalités dans la surface, prépare la voie à l'action d'autres facteurs de caractère directement chimique.

f *Distribution irrégulière des températures.* — Dans un condenseur, des différences locales de températures provoquées par une distribution inégale de la vapeur provoquent localement la dézincification. C'est le cas, par exemple, si des conduites auxiliaires de vapeur débouchent directement dans le condenseur, au lieu d'aboutir à la tubulure de vapeur principale.

C'est donc un point de première importance que d'assurer une distribution uniforme de la vapeur dans les condenseurs centraux, grâce à un arrangement convenable de diaphragmes et de plaques de renvoi.

De même, dans un condenseur affecté à une seule machine — c'est le cas de ceux des stations centrales — il y a intérêt au point de vue spécial des corrosions, et en faisant abstraction du vide, à ce que la tubulure

Digitized by Google

d'entrée au condenseur soit large, le corps du condenseur court et compact, et les passages entre tubes disposés pour répartir la vapeur aussi uniformément que possible.

Signalons enfin que la formation des couples thermo-électriques est fréquente dans les chaudières. Les corrosions qu'ils causent sont très visibles sur le côté eau des parois des foyers de chaudières, le long de la ligne des barreaux de grille.

g) *Irrégularités dans les conditions chimiques, et principalement à la surface de contact entre le métal et l'eau de mer.* — Il arrive que la dézincification est facilitée localement par l'établissement préalable de conditions chimiques spéciales.

Un cas assez souvent constaté est celui de la formation d'oxychlorure de zinc qui agit comme agent catalytique.

Ce sel est toujours associé à une proportion considérable de carbonate de zinc qui forme un support à la fois stable et poreux.

L'oxychlorure de zinc ne se forme que moyennant certaines conditions de température et de concentration saline.

Il se forme rapidement toutes les fois que le métal est en contact simultané avec de l'air et de l'eau de mer à une température assez élevée. Ces conditions se trouvent réalisées le long du plan d'eau dans un tube partiellement rempli, ou si des bulles d'air restent en contact avec le métal, l'eau atteignant des températures de l'ordre de 50° C — ce qui est, il est vrai, peu à craindre dans les installations de nos pays.

Il se forme lentement dans l'eau de mer ordinaire au-dessous de 50° C; très rapidement au contraire dans l'eau de mer diluée, mais non dans l'eau contenant seulement un sixième ou moins de la proportion de sel moyenne. Il y a donc des chances pour que ce sel ne puisse se former dans l'eau de rivière, mais naisse rapidement au contraire dans l'eau diluée d'un estuaire.

Quoique, à vrai dire, cette remarque intéresse surtout les marins, on peut observer que, une fois le sel formé sur le métal, il continue à agir même dans l'eau de mer ordinaire ou dans l'eau douce; il peut se former en beaucoup de cas, avant même que le navire effectue son premier voyage, c'est-à-dire par suite de la composition de l'eau dans le port d'origine.

Pour quiconque connaît l'action souvent surprenante des agents catalytiques, il ne saurait y avoir d'étonnement à voir la réaction, impossible ou peu probable dans les conditions ordinaires, prendre naissance et devenir rapidement destructive dès que l'agent, en l'espèce l'oxychlorure de calcium, est formé. Pour employer une comparaison éclairante de M. Daniel Berthelot, on peut dire, parlant des corps en présence qui, par suite des dissymétries du système, ont nécessairement une tendance à réagir, « qu'ils présentent les résistances passives d'une machine légèrement rouillée qui ne se mettrait en mouvement qu'après avoir été lubrifiée au moyen de quelques gouttes d'huile; le rôle de lubrifiant... est joué par les catalyseurs ».

L'oxychlorure de zinc est rapidement enlevé par un acide dilué, même par un acide organique étendu, tel que l'acide acétique.

h) *Influence des matières solides étrangères.* — La corrosion peut de même être accélérée localement par le contact de substances électropositives solides telles que le coke ou le charbon.

Dans le cas des condenseurs, ces matières se présentent sous forme de poussières de mâchefer ou de cendres, la combustion étant incomplète, tombant sur la surface de l'eau de la rivière ou du bassin et entraînées par la pompe de circulation.

Pour la formation d'un couple, il suffit que la substance électropositive entre en bon contact électrique avec le métal. Notons que ce contact est souvent empêché par la formation de tartre sur le métal, ou de rouille (hydroxyde ferrique) sur le coke.

Avant de terminer ce paragraphe, on doit remarquer qu'il est de grande importance que l'eau salée ne puisse entrer dans les chaudières grâce à une alimentation contaminée par un condenseur qui fuit. Dans ce cas, en effet, une action corrosive, déjà établie dans les générateurs, est fortement accélérée.

En particulier, il faut de même avoir soin d'empêcher l'entrée dans les chaudières de particules de graphite, de coke, de bronze, de cuivre, d'oxyde de zinc ou autres corps électropositifs, dont le contact, s'il est suffisamment parfait, détermine de fortes corrosions, notamment sur les plaques d'acier.

III. **Aménagement général et entretien des installations de condensation.** — Les faits exposés ci-dessus donnent à penser que, pour réduire au minimum les corrosions, il y a lieu de prendre toujours au moins les précautions suivantes:

a *Maintenir la température de l'eau de circulation aussi basse que possible.* — C'est une raison de plus de tenir pour une regrettable sujétion les réfrigérants qui ne peuvent donner qu'une eau à 27, 30 et même 35° C.

b *Veiller à ce que les températures de la masse liquide croissent régulièrement sur son trajet.* — Cette condition serait satisfaite plus aisément si les différentes sections du condenseur étaient disposées en parallèle et non en série.

c *Rendre le flux d'eau aussi régulier que possible*, c'est-à-dire exempt de remous et d'agitation. Il serait bon, pour atteindre ce but, de ménager, à l'entrée de chaque tube, une surface d'introduction conique; d'ailleurs, en raison des complications coûteuses qui en résulteraient, il n'y a guère là qu'une vue théorique.

d *Maintenir l'eau aussi propre que possible.* — L'érosion mécanique des tubes serait certainement évitée si l'eau était débarrassée par filtration des matières étrangères en suspension. Malheureusement, il est très difficile de filtrer les grands volumes d'eau utilisés.

Certaines centrales installent des bassins de décantation. Mais ce moyen, d'ailleurs d'une efficacité imparfaite, n'est guère praticable que pour des installations

Digitized by Google

peu importantes et lorsque le prix du terrain ne s'y oppose pas.

Il n'y a pas à s'y arrêter pour les grandes centrales urbaines.

e) *Nettoyage régulier et soigné des condenseurs* — Le nettoyage mécanique, fait au moyen de brosses à tubes, doit enlever tous les dépôts boueux, détritus organiques et autres corps étrangers.

Une période critique est celle de la chute des feuilles (mi-automne). A cette époque de l'année, où d'ailleurs l'eau de la Seine est déjà passablement limoneuse, certaines centrales de la région parisienne nettoient leurs condenseurs *tous les jours*.

D'ordinaire, le nettoyage d'un condenseur nécessite l'arrêt du groupe électrique correspondant. C'est pour obvier à cet inconvénient, souvent très gênant, que la Société Brown, Boveri et Cie, et la Compagnie Electro-mécanique ont étudié des corps de condenseurs à surface en deux parties, séparées par une cloison longitudinale verticale. A chacune des deux parties correspond une porte de visite pratiquée dans la coquille de tête; l'alimentation en eau des deux parties est d'ailleurs indépendante. De cette façon, on peut nettoyer tour à tour les deux moitiés du faisceau tubulaire, en interrompant l'une des arrivées d'eau; l'autre moitié assure, moyennant une faible chute du vide, la condensation de la vapeur d'échappement. Ainsi, le fonctionnement du groupe électrogène n'est pas interrompu.

Enfin, il est souvent nécessaire de nettoyer les tubes chimiquement, en vue de détruire les dépôts minéraux. Pour cette opération, on emploie d'ordinaire une solution d'acide chlorhydrique à 5 pour 100. On peut substituer l'acide dilué à l'eau de circulation, en la faisant repasser constamment dans le faisceau tubulaire au moyen d'une petite pompe centrifuge et d'un agencement convenable de tuyauterie. On peut également remplir le condenseur d'acide, et introduire dans la tuyauterie d'alimentation normale un piston de bois que l'on agite au moyen d'une tige. L'opération est terminée quand le dégagement gazeux cesse. On donne alors une chasse d'eau propre qui emporte les matières solides non dissoutes, mais désagrégées, et les dernières traces d'acidité.

f) *Asphaltage*. — Il est souvent utile d'asphalter les surfaces immergées, notamment les organes intérieurs des pompes centrifuges.

IV. — **Protection des appareils par l'emploi de plaques protectrices en zinc.** — La corrosion de tout ouvrage métallique comportant ou non du fer peut être amoindrie en y reliant, en bon contact électrique, des pièces d'un métal connu comme ayant pour les acides et pour l'oxygène une affinité électrochimique plus grande que celle du métal employé pour la construction de l'appareil. Dans ce cas, l'action corrosive est transférée de l'ouvrage même sur le métal auxiliaire; conformément aux lois de Faraday, le métal choisi comme plus électropositif forme anode, la pièce à protéger forme cathode, et la corrosion ne peut avoir lieu que sur l'anode.

Le meilleur métal usuel dont on puisse se servir en vue de cette protection est le zinc pur laminé.

L'usage de ce métal constitue d'ailleurs une méthode classique employée fréquemment dans la construction des chaudières et des condenseurs toutes les fois qu'on a des raisons de se défier des eaux, ou des matières étrangères qu'elles peuvent entraîner.

Notamment, dans le cas des condenseurs à surface, on monte sur les plaques tubulaires ou, de préférence, sur les coquilles de tête, des plaques de zinc sacrifiées délibérément.

Ces plaques — rectangulaires — ont une surface de 2 à 4 dm² et une épaisseur de 2 à 4 cm. On les boulonne sur des tiges elles-mêmes fixées sur le condenseur.

Malheureusement, il arrive souvent que cette méthode n'a qu'un effet temporaire, pour la raison suivante : la surface du métal auxiliaire s'oxyde rapidement et le métal perd très vite son pouvoir protecteur ; les plaques doivent être renouvelées à intervalles rapprochés, autrement elles se couvrent d'une épaisse couche d'oxyde et de sels, qui non seulement rendent la protection illusoire, mais peuvent déterminer rapidement une inversion de polarité. Si les zincs ne sont pas renouvelés fréquemment, au lieu de la protection escomptée, il se produira une corrosion accélérée de l'appareil.

Le procédé en question présente d'ailleurs d'autres désavantages, du moins dans certains cas, et surtout à bord des navires.

Par exemple, 1 m² de zinc neuf suffit pour protéger environ 50 m² de surface immergée. Cette proportion représente une énorme masse de zinc si l'on envisage la protection des surfaces de vaporisation sur un transatlantique ou un superdreadnought qui peuvent comporter, pour les chaudières et les condenseurs, une surface immergée de plusieurs milliers de mètres carrés.

Pour les installations à terre, cette méthode a donné des résultats extrêmement variables. Dans certains cas, son efficacité pratique ne saurait être contestée. Dans d'autres, notamment au bord de la mer — et spécialement la Méditerranée — ou au voisinage d'usines à produits chimiques, elle s'est souvent montrée d'une insuffisance déplorable.

Le peu de probabilité qu'il reste de la découverte d'un alliage exempt de corrosion, et l'expérience des méthodes répandues ont amené un ingénieur anglais, M. Elliot Cumberland, à l'idée et à la mise en œuvre d'une méthode moins simple, mais plus efficace, que nous allons maintenant décrire.

V. — **Méthode Cumberland**. — Le principe de la méthode est simplement d'établir en permanence une différence de potentiel électrique opposée et supérieure aux différences de potentiel qui peuvent se produire par suite des phénomènes décrits ci-dessus.

Le principe est appliqué par le dispositif suivant :

Une dynamo à basse tension produit du courant

Digitized by Google

continu à une tension de 6 à 10 v et se trouve connectée à des pièces de fer suspendues dans l'eau contenue dans le récipient à protéger et convenablement isolées de ce dernier.

La figure 1 montre le procédé Cumberland appliqué à un condenseur à surface du type usuel avec circulation d'eau à travers les tubes. Les anodes de fer sont supportées par des broches d'acier et isolées des cou-

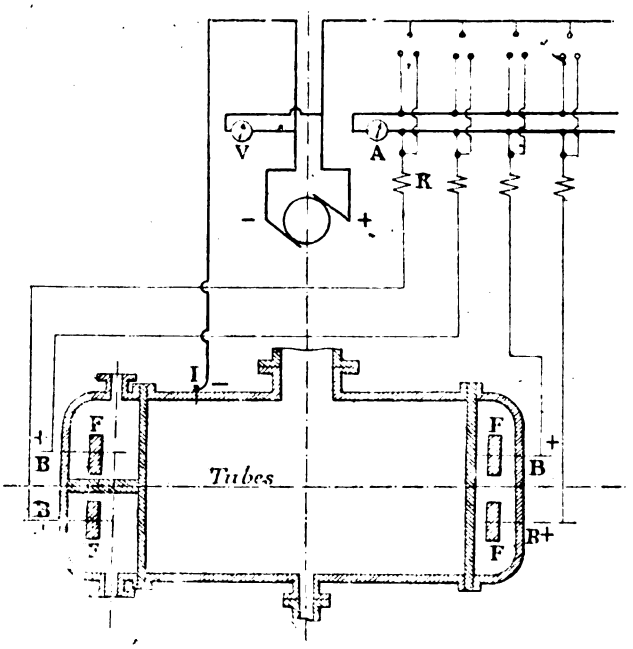


Fig. 1. — Schéma du montage Cumberland.

vercles du condenseur; ces électrodes sont connectées par un jeu de résistances réglables et de commutateurs au pôle positif de la génératrice.

Le condenseur lui-même est connecté au pôle négatif. Un ampèremètre A est monté sur le tableau et le débit de courant aux électrodes peut être réglé à l'aide des rhéostats R.

L'action galvanique, cause habituelle de la destruction des tubes de condenseur, est donc neutralisée par l'introduction d'une force électromotrice supérieure, d'origine extérieure, qui supprime les courants destructeurs engendrés par des différences de potentiel moindres dues à des circonstances défavorables, en déterminant la production d'un courant allant toujours des électrodes, à travers le liquide, vers les surfaces à préserver.

L'application de la méthode à une chaudière se fait de manière tout à fait analogue, en utilisant des électrodes, faites d'ordinaire de fers plats et d'acier doux. Ces électrodes durent d'ordinaire environ deux ans.

L'intensité du courant nécessaire pour protéger un condenseur à surface varie légèrement; mais dans les cas les plus défavorables, le chiffre d'un ampère par 45 m² environ est suffisant en pratique pour assurer une protection complète.

Les anodes F fig. 1, montées sur les condenseurs à surface, consistent généralement en blocs cylindriques de fonte de 180 mm environ de diamètre, 50 mm environ d'épaisseur, pesant 9 kg environ.

Par exemple, pour un condenseur de 600 m² de surface de refroidissement, le nombre des électrodes sera de 6 — 3 à chaque extrémité — ayant un poids total de 60 kg environ. L'intensité du courant consommé sera de 2,2 A par électrode, donnant un total de 13,2 A sous 6 v.

Dans le cas de chaudières où l'enlèvement du tartre doit être pris en considération, le total de courant nécessaire est plutôt supérieur.

L'expérience conduit à un chiffre d'un ampère par 35 m² environ.

Ce chiffre n'a rien d'absolu: ainsi, dans le cas d'une installation à bord comportant 12 chaudières Yarrow à tubes d'eau, la surface de chauffe totale étant de 4 550 m² environ, où sur la base des chiffres ci-dessus on avait prévu 14 A par chaudière, les ingénieurs du bord trouvèrent que l'intensité pouvait être considérablement réduite et toutes les corrosions évitées ainsi que les surfaces de chauffe maintenues exemptes du tartre, moyennant une consommation de 5 A par chaudière, ce qui donne environ 1 A par 75 m² de surface de chauffe.

Au cours des essais de son système, M. Cumberland a reconnu que ce système exerce l'action la plus remarquable sur la désagrégation et la chute des incrustations dures des surfaces de chauffe des chaudières, et prévient de même leur formation ultérieure.

Le tartre est constitué surtout par du sulfate et du carbonate de calcium.

Le tableau suivant fixera les idées sur les propriétés non conductrices du tartre :

RÉSISTIVITÉS CALORIFIQUES (D'APRÈS RANKINE)	
Cuivre	0,4
Fer écroui	1,0
Carbonate de calcium	17,0
Sulfate de calcium	48,0
Ardoise	0,5

Le sulfate de calcium et la magnésie hydratée forment les espèces de tartre les plus dures. La moyenne des analyses de nombreux spécimens de tartre dur montre que la proportion moyenne y est de 50 pour 100 de sulfate de calcium.

On comprendra sans difficulté la raison de la non-formation du tartre sous l'influence de ce processus électrolytique, en se rappelant que les acides, les bases et les sels peuvent chacun être regardés comme formés de deux éléments : un radical positif et un radical négatif.

La liste suivante montre comment se comportent entre eux, sous l'influence du courant, les différents radicaux qui peuvent entrer dans la composition du tartre.

Digitized by Google

A L'ANODE RADICAUX NÉGATIFS		A LA CATHODE RADICAUX POSITIFS	
Cl	(chlorures)	H	(hydrogène)
Br	(bromures)	Na	(sodium)
S	(sulfures)	K	(potassium)
AzO^3	(nitrates)	AzH^4	(ammonium)
ClO^3	(chlorates)	Ca	(calcium)
SO^4	(sulfates)	Mg	(magnésium)
SO^3	(sulfites)	Zn	(zinc)
O	(oxydes)	Cu	(cuivre)
CO^3	(carbonates)	Pb	(plomb)
I	(iodures)	Fe	(fer)

On voit que les ions, hydrogène et sodium, entre autres radicaux positifs, vont à la cathode et sont libérés sur la surface de l'ouvrage à protéger, tandis que les radicaux positifs, oxygène, chlore, etc..., se dirigent vers l'anode.

Les tartres récents peu indurés sont décomposés très rapidement par le courant.

Mais les constituants du sulfate et du carbonate de calcium se trouvent en présence à l'état naissant, c'est-à-dire dans des conditions très favorables à leur combinaison. En fait, une partie des éléments se recombinent et peuvent ensuite être soufflés hors de la chaudière sous forme de poudre fine.

Dans des tartres anciens et durs, il se manifeste une désagrégation particulière qui les rend mous et spongieux. L'hydrogène, formé au contact du métal sous le tartre, divise celui-ci, causant mécaniquement sa chute. Les dépôts ultérieurs de corps gras ou de matières étrangères sont dans l'impossibilité d'adhérer au métal à cause de cette pellicule protectrice d'hydrogène.

Les résultats publiés par M. Cumberland présentent donc, en dehors de la protection contre les corrosions, un intérêt très réel en ce qui concerne la protection contre la formation du tartre. Tous les industriels savent assez quelles difficultés on rencontre de ce côté, et que, notamment, en dépit des appareils épurateurs et des produits dits tartrifuges, un nettoyage fréquent des tubes et chaudières est souvent nécessaire.

Signalons en passant un autre phénomène curieux qui s'est présenté à l'observation.

Une installation établie au bord de la mer comportait un condenseur à surface à circulation d'eau de mer. Non seulement cet appareil présentait de graves corrosions, mais la circulation de l'eau était entravée par le développement de coquillages, sans doute entraînés peu après leur naissance par l'eau de circulation et fixés sur les plaques tubulaires et aux extrémités des tubes, d'où réduction considérable de l'activité du condenseur.

La méthode Cumberland ayant été mise en action, la corrosion cessa, et de plus les coquillages disparurent.

Les ions, hydrogène et sodium naissant, libérés sur les surfaces à protéger, s'étaient certainement révélés mortels pour les organismes marins.

De nombreuses compagnies de navigation ont adopté avec succès ce système, encore peu connu en France, et par contre largement répandu dans les pays de langue anglaise. L'une des premières a été l'Union Steamship Company de Nouvelle-Zélande qui actuellement l'a appliqué à toute sa flotte.

En Angleterre, la White Star Line fut la première à l'adopter, et un grand nombre de ses navires l'ont en service pour leurs chaudières et leurs condenseurs.

Un steamer appartenant à cette dernière compagnie a rejoint récemment le port après avoir été absent comme croiseur auxiliaire pendant quelque treize mois. Ses chaudières furent trouvées en excellentes conditions, exemptes de corrosion et de tartre, et ses condenseurs, qui précédemment donnaient beaucoup d'ennuis par suite de l'attaque des tubes, étaient en parfait état; pas un seul tube ne fit défaut pendant cette période.

Ce résultat si satisfaisant a déterminé ladite compagnie à installer le dispositif Cumberland non seulement sur les chaudières et condenseurs, mais aussi sur les soutes à eau douce et à eau salée. Le paquebot « Britannic » est un des premiers navires ainsi équipés.

Le système Cumberland a été également admis par l'Amirauté pour essais sur les chaudières.

Quoique l'auteur ait publié exclusivement les résultats d'installation de son système faite à bord — et c'est pourquoi nous n'en donnons pas d'autres — il n'est pas douteux que l'application en serait intéressante et devrait être tentée dans les installations à terre, notamment dans les stations centrales situées au bord de la mer, où la nature des eaux utilisées pour l'alimentation des générateurs et la circulation dans les condenseurs amène si souvent une corrosion de ces appareils.

Conclusion. — En résumé, dans l'état actuel de nos connaissances, les corrosions ne sauraient être empêchées par des précautions qu'on peut dire purement passives, comme la composition spéciale des alliages; on n'y remédie que partiellement par les mesures d'entretien et de nettoyage qui restent toujours nécessaires, pour bien d'autres raisons d'ailleurs, mais ne sont pas suffisantes.

Par contre, il est possible de créer des méthodes, actives pour ainsi parler, qui prennent franchement les corrosions dans leurs causes et en empêchent la production, et du même coup les conséquences.

Les succès déjà enregistrés du procédé Cumberland prouvent qu'il est efficace et mérite au moins d'être connu.

Ils démontrent aussi que toute autre méthode pourra réussir, qui ne se contentera pas de chercher à pallier le mal, mais au contraire s'imposera, en provoquant des phénomènes antagonistes préétablis, d'en éliminer les causes et d'en empêcher radicalement l'apparition.

JEAN GUERNER.

Digitized by Google

La porcelaine électrotechnique

Cette dernière partie nous initie aux opérations que subissent les pièces de porcelaine à leur sortie du four. On les soumet au triage, au calibrage et, enfin, aux épreuves ultimes de la rigidité diélectrique et de la résistance mécanique. Les essais électriques seront encore décrits ultérieurement avec plus de détails.

II. — FABRICATION (*suite*).

6° **Vérification.** — La vérification des isolants comporte deux examens : le premier, simple triage, élimine les pièces présentant les défauts visibles à l'œil. Le second a pour but d'éliminer, au moyen de machines appropriées, les pièces dont la constitution électrique ou mécanique ne convient pas à l'emploi pour lequel elles sont prévues.

A. ***Triage.*** — Les défauts apparents qui rendent la porcelaine impropre à l'emploi sont imputables soit à la matière, soit à la fabrication, soit à la cuisson.

Accidents dus a la matière. — a *Taches noires.* — La matière peut contenir des impuretés qui ont échappé

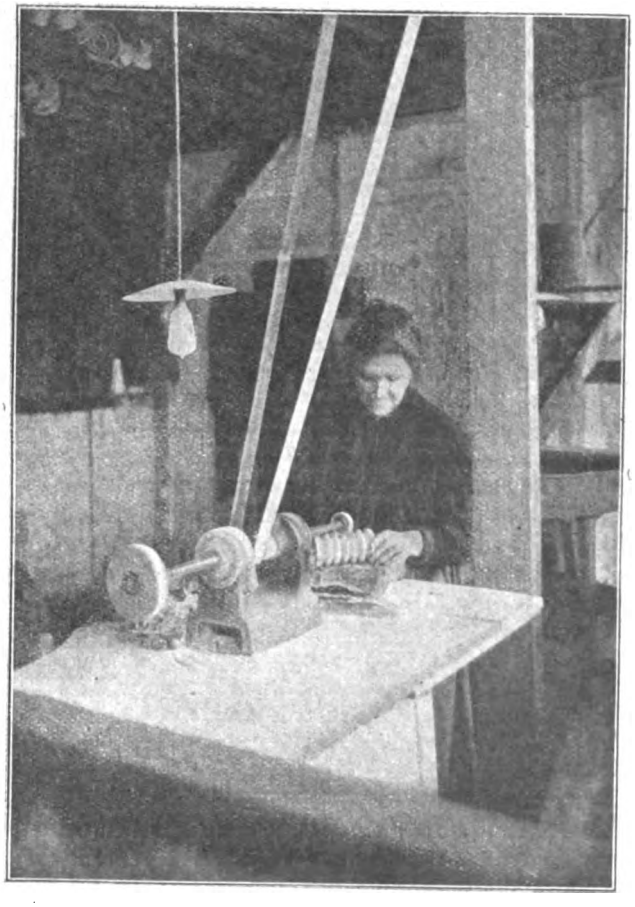


Fig. 22. — Enlèvement d'un grain.

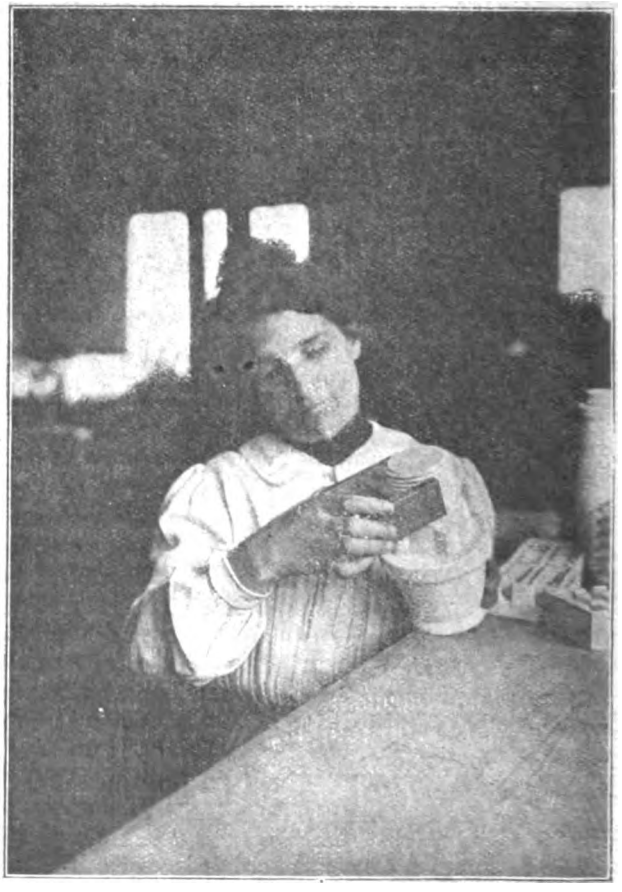


Fig. 23. — Mise en calibre.

soit au tamis, soit aux électro-aimants au cours de la préparation, ou qui se sont introduites après cette préparation. Les particules de fer, de chromate, de charbon, donnent des taches noires d'étendues plus ou moins importantes, suivant l'impureté qui les a produites. Ces taches noires sont en général vitrifiées et, si elles sont désagréables à l'œil, elles n'apportent, dans l'usage de la porcelaine ainsi défectueuse, aucun trouble électrique ou mécanique.

b *Taches vitreuses.* — Les moules en plâtre employés à la fabrication se cassent quelquefois au contact de la pâte et laissent dans celle-ci des petits morceaux. Si ces derniers sont à la surface de la pâte, le soufre du plâtre s'élimine facilement, et il ne reste plus qu'une particule de chaux, qui se combine aux éléments voisins pour

(1) *Revue générale de l'Électricité* 6, 13 et 27 janvier 1917, t. I, p. 22-26, 58-62 et 133-137.

Digitized by Google

donner un verre calcique très fusible et très transparent dont la teinte est vert très clair.

c' *Bouillons noirs.* — Si, au contraire, le morceau de plâtre est inclus dans la masse de l'objet, le soufre ne pouvant pas s'éliminer facilement pendant que la pâte est encore poreuse, en raison de la température élevée à laquelle le sulfate de chaux se dissocie, il se forme dans le corps de l'objet une caverne dont les parois sont noires et souvent tapissées de soufre sublimé. Cette caverne contient des gaz sulfurés et sa formation amène une soufflure intérieure qui se traduit par un « bouillon » extérieur, souvent noir quand il est à fleur de surface.

Si le défaut dû à la tache de plâtre est situé à l'extérieur, il ne présente pas d'inconvénient au point de vue mécanique ou électrique à moins qu'il ne soit trop prononcé. Le bouillon de profondeur doit faire exclure du lot trié la pièce qui en est affectée.

d *Trous.* — Les matières organiques d'un certain volume, morceaux de bois, bouts de ficelle, laissent, en brûlant, à l'extérieur ou à l'intérieur de la pâte, des trous qui sont une cause de rebut.

e *Trésail.* — Une couverte dont la compositon est

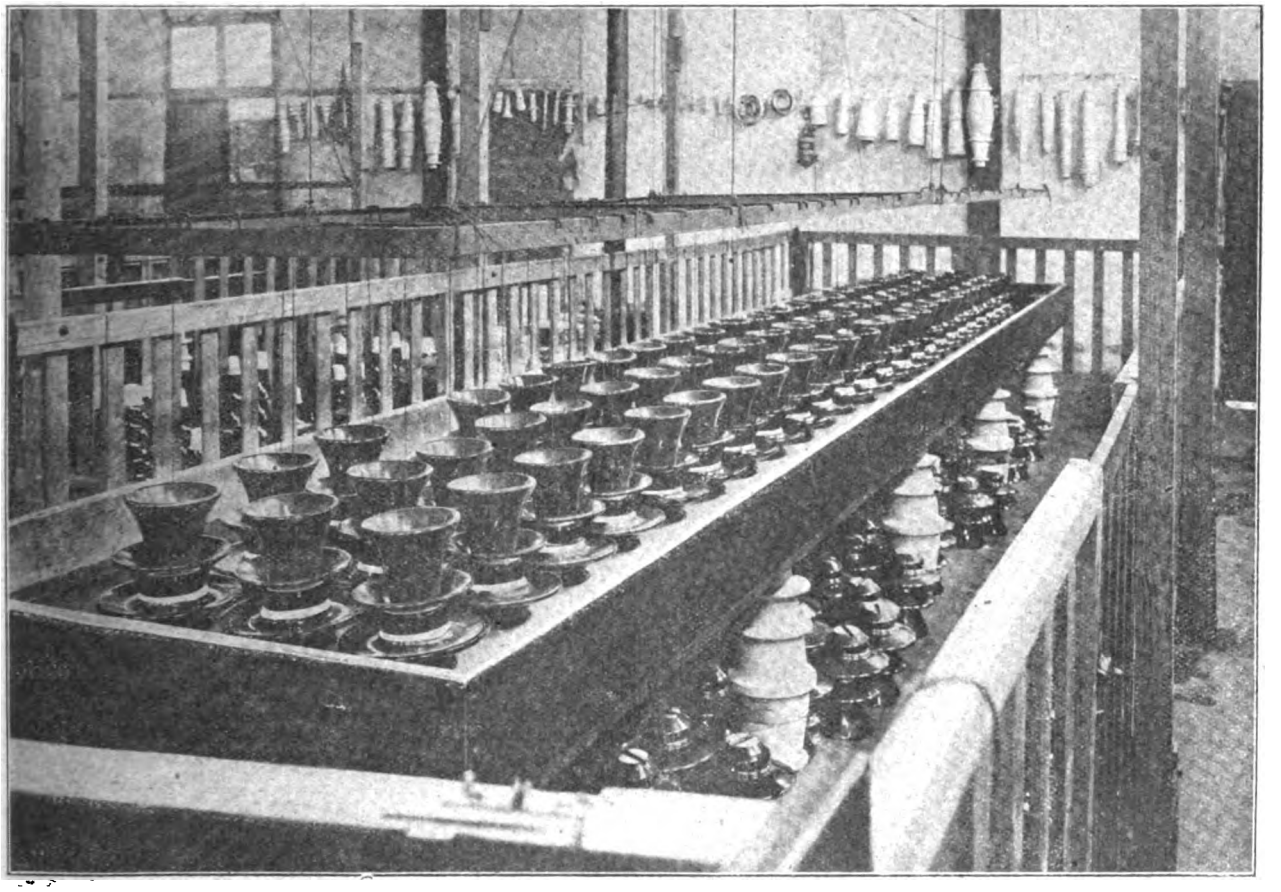


Fig. 24. — Une cuve d'essais.

mal appropriée à celle de la pâte qu'elle recouvre donne un accident connu sous le nom de « trésail ». Cet accident provient du fait qu'il n'y a pas concordance exacte entre les coefficients de la dilatation et de retrait de la pâte et de l'émail; il se traduit par des fentes superficielles que les Chinois ont exploitées au point de vue décoratif dans les pièces appelées « Craquelés ». Un tel accident est d'un effet décoratif certain lorsqu'il s'applique à des céramiques artistiques; mais il doit faire exclure toutes les pièces destinées à l'électricité qui le comportent. Les petites fentes de l'émail peuvent, en effet, amorcer des fentes plus importantes nuisibles à la bonne conservation des isolateurs.

f *Picots.* — Les micas, par leur décomposition qui se fait à haute température, dégagent du fluor sous forme de petites bulles qui, venant crever à la surface de la pâte, font de tout petits cratères presque imperceptibles dont l'effet n'est pas nuisible au point de vue électrique parce qu'ils sont superficiels. Il vaut mieux cependant éliminer de la composition des pâtes les pegmatites et les kaolins très micacés, de façon à éviter cet accident qui, trop répété, donne aux pièces un aspect fâcheux.

Accidents dus a la fabrication. — a *Fentes.* — Lorsque l'ouvrier porcelainier n'a pas rendu suffisamment homogène la masse de pâte qu'il a eue entre les mains pour ébaucher ses pièces, on constate après cuisson que les parties qui étaient plus molles présentent une fente.

Digitized by Google

Par son mode de cuisson qui tend à la vitrification, par conséquent à la combinaison de ses éléments, la porcelaine, sans être un corps chimiquement défini, est un mélange de corps à formule chimique déterminée, possédant des caractéristiques bien nettes, entre autres une densité constante voisine de 2,25; si donc, dans une région de l'objet, il n'y a pas le nombre d'atomes suffisant pour former une molécule type, ils se sépareront en groupes de chaque côté d'une fente. Il est donc inexact de dire qu'une porcelaine cuite peut ne pas être homogène comme le prétendent certains fabricants de matières concurrentes à la porcelaine. Si la porcelaine n'est pas homogène en fabrication, elle fend au cours de la cuisson et se trouve donc mise au rebut.

La cause de la fente peut se produire de différentes façons au cours de la fabrication : mauvaise préparation, opérations prématurées sur des pièces insuffisamment sèches, etc..., mais toujours la cause primordiale, à laquelle se ramènent toutes les autres, est le défaut d'homogénéité de la masse avant cuisson.

b) *Excès de cuisson.* — L'excès de cuisson a pour inconvénient de rendre la pièce beaucoup trop fragile et de présenter alors tous les défauts du verre. Cet excès se traduit dans la plupart des cas par un certain affaissement de pâte, qui, lorsqu'il est trop prononcé, doit faire rejeter les objets qui en sont affectés.

c) *Défauts de cuisson.* — Cet accident qui sera certainement décelé par les essais électriques doit faire exclure la pièce. On peut quelquefois l'apercevoir à l'examen visuel, mais en tout cas il ne faut pas accepter, comme un critérium de cuisson, l'expérience cependant si répandue de la tache d'encre. Il est en effet facile de constater que, sur presque toutes les porcelaines, l'encre s'étend sur une cassure fraîchement faite, alors qu'elle sèche sans aucune extension sur une même cassure datant de quelques heures.

Accidents de cuisson. a) *Bouillons.* — Un feu mal dirigé, insuffisamment oxydant au début de la cuisson, provoque l'accident ultérieur du « bouillon », sortes de pustules de volume assez important, creuses à l'intérieur ou remplies de porcelaine chistée. Un tel défaut affecte profondément l'isolateur qui le présente, car il détruit l'homogénéité de l'isolant et peut ultérieurement provoquer des accidents.

b) *Coups de feu.* — Il peut arriver que, sous l'action du feu, les gazettes se fendent; si la fente se produit à l'extérieur, des cendres peuvent passer à travers l'orifice ainsi produit et déposer à la surface des pièces des traces brunâtres appelées « coup de feu ».

c) *Grains.* — Si la fente de la gazette a lieu à l'intérieur, des particules de terre réfractaire cuite ou des morceaux de grès tombent sur les pièces de porcelaine où ils se fixent sur l'émail au cours de la fusion de ce dernier, un tel défaut constitue « le grain » (fig. 22).

d) *Teintes jaunes et grises.* — Si l'allure du four qui doit, à la fin de l'opération de cuisson, être réductrice l'est avec excès, le carbone se fixe dans l'épaisseur de l'émail et la porcelaine présente une teinte jaune, ou noire, ou grise suivant la quantité de carbone ainsi incorporée par la couverte.

e) *Scorification.* — Enfin un excès de température peut produire une évaporation des alcalis à un moment où la pâte est déjà d'une solidité extrême, l'objet se boursoufle et se schiste, prenant un aspect de scorie.

Tels sont les différents défauts que l'on peut constater à l'examen visuel de la porcelaine. Le triage de celle-ci va être complété par des opérations de mise en calibre et d'essais électriques et mécaniques.

B. ***Mise en calibre.*** — Les exigences de la construction mécanique, qui sont imposées à l'appareilleur par la constitution de ses appareils, obligent le porcelainier à ne livrer que des pièces dont la régularité soit telle que les montages puissent se faire rapidement avec le moins de retouche possible sur les pièces métalliques. Or, la porcelaine est une matière dont le retrait donne quelquefois des surprises.

Si le porcelainier n'a pas suffisamment surveillé la composition chimique de ses matières, il peut avoir des pièces dont le retrait a été différent de celui qu'il attend.

Dans ce cas, l'appareilleur sera très embarrassé pour se servir des porcelaines, puisque les cuivreries ne se monteront plus. L'inconvénient des dimensions inexactes n'est pas très gênant dans les pièces destinées aux gros appareillages, mais, lorsqu'il s'agit de socles d'interrupteurs, de pastilles pour douilles, la tolérance indiquée ne peut être que de quelques dixièmes de millimètre; il faut alors avant la livraison des porcelaines que celles-ci soient toutes essayées (fig. 23) au moyen d'un jeu de calibres de forme appropriée qui opère un triage automatique des pièces bonnes et mauvaises.

Ce jeu comporte en général un calibre maximum et un calibre minimum.

C. ***Essais électriques.*** — Les essais électriques ont pour but d'éliminer, d'un lot de pièces qui ont satisfait à l'examen visuel, celles qui renferment dans leur épaisseur des défauts qui les rendraient inemployables à l'usage électrique.

Pour procéder à ces essais, les porcelaines sont placées sur un dispositif approprié, cuve (fig. 24) ou support, relié à l'un des pôles d'un transformateur.

L'autre pôle communique avec des chaînettes ou des colliers placés sur les pièces de façon à reproduire aussi exactement que possible les conditions d'emploi.

On applique à l'ensemble une tension fixée par le cahier des charges dont les termes ont été arrêtés entre les parties. Lorsqu'une pièce présente un défaut, il se produit un trou par lequel passe le courant.

Les essais électriques se font sur la totalité des lots de porcelaines et dans les différentes hypothèses d'isolateurs secs et mouillés soit par une pluie verticale, soit par une pluie à 45°.

Nous ne nous étendrons pas sur les conditions des cahiers des charges habituellement imposés, ni sur les différentes expériences qui doivent être faites par l'opérateur en vue des essais électriques.

La question sera traitée d'une façon complète dans la suite des articles de cette revue.

D. ***Essais mécaniques.*** — Les essais mécaniques

Digitized by Google

ont pour but d'étudier la résistance des porcelaines aux efforts mécaniques proprement dits ou vis-à-vis des effets physiques dus aux agents atmosphériques.

On cherche à se rendre compte dans le premier cas si un isolateur déterminé est suffisant pour supporter une ligne répondant à des conditions bien définies. Le dispositif employé généralement pour ces essais (fig. 25) consiste dans une sorte de bascule à laquelle on fixe les isolateurs dans les différentes positions nécessitées par les essais, et on manœuvre le levier de cette bascule jusqu'à ce que se produise la rupture de l'isolateur, en enregistrant au moyen d'un dynamomètre l'effort transmis.

D'essais faits au Laboratoire des Arts et Métiers, il résulte que la porcelaine résiste à l'écrasement jusqu'à la charge de rupture de 1,25 tonne par centimètre carré. Elle est beaucoup plus fragile à l'extension, il ne faut pas en effet lui appliquer un effort de plus de 35 kg : cm².

Dans le deuxième cas des essais mécaniques, l'opérateur cherche la résistance de la porcelaine par rapport aux agents météorologiques constitués principalement par la température. L'essai pratiqué consiste à plonger les éléments successivement dans des bains d'eau de

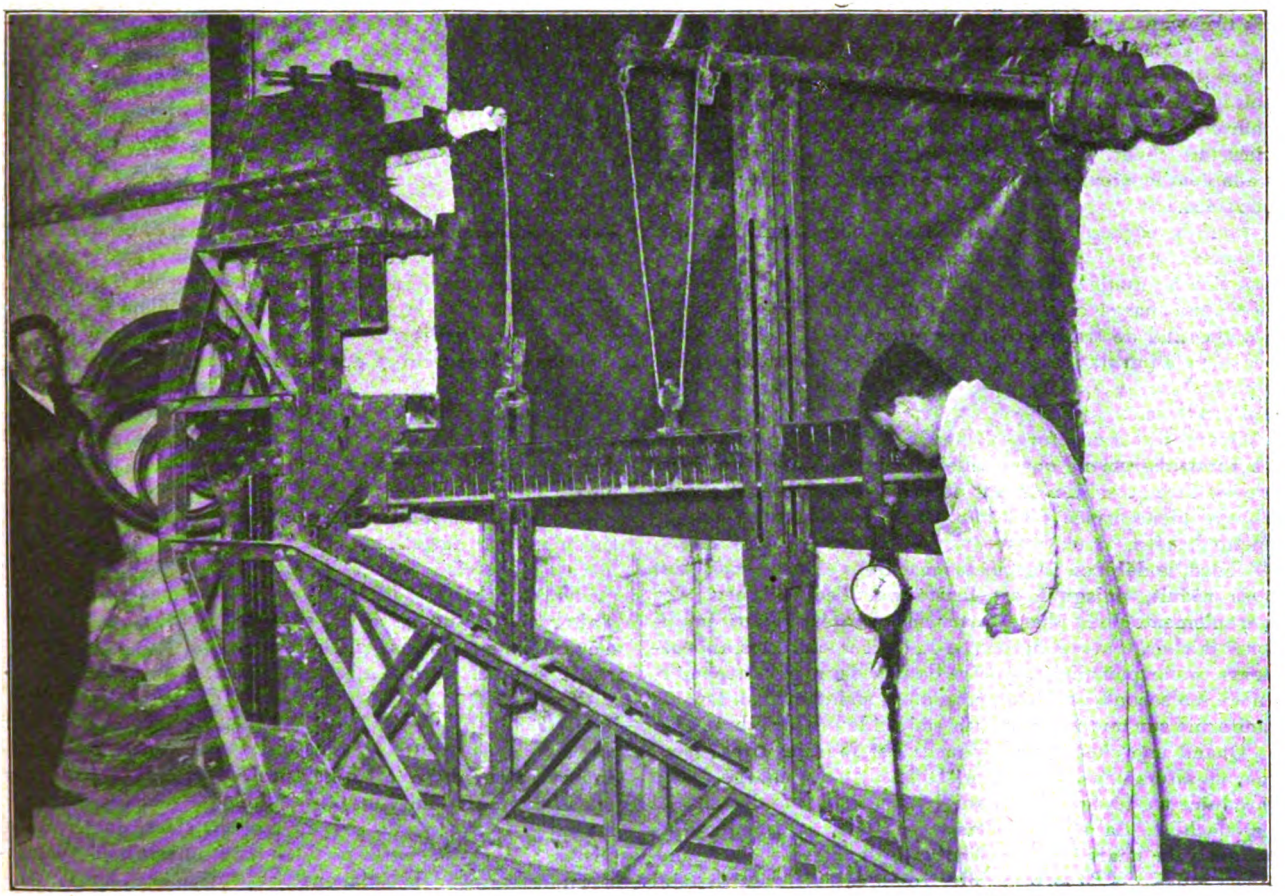


Fig. 25. — Essais mécaniques.

températures différentes, après les avoir laissés un temps suffisamment long pour que l'équilibre s'établisse dans toutes les parties de l'isolateur. On arrive ainsi à trouver que les porcelaines résistent pour les grandes pièces à des différences de température de 60° centigrades, alors que pour les petites pièces on dépasse 100°.

Telles sont les données techniques exactes que la Chambre syndicale de la porcelaine électrotechnique serait heureuse de voir répandues dans les milieux électriques français, et puisque les événements actuels ont agité la question de la concurrence allemande, il ne lui semble pas inutile de rappeler que ses adhérents produisaient avant la guerre 5 000 tonnes de porcelaine électrotechnique par an dont ils exportaient 700. L'importation allemande était de 1 300 tonnes. Dans les premiers mois qui ont suivi la déclaration de guerre, les usines de porcelaines françaises furent complètement désorganisées; depuis, non seulement elles ont retrouvé une grande partie de leurs moyens d'actions consacrés aux besoins de la défense nationale pour qui l'énergie électrique est un besoin impérieux, mais toutes procèdent à des agrandissements destinés à satisfaire après la guerre à tous les besoins des électriciens quels qu'ils soient tant en qualité qu'en quantité.

La Chambre syndicale
de la Porcelaine électrotechnique.

Digitized by Google

Revues, analyses et informations

La charge monophasée et les convertisseurs de phase [1].

Le principal objet des Compagnies de distribution a d'abord été la fourniture de l'éclairage ; elles ont ensuite entrepris la fourniture de la force motrice, améliorant ainsi notablement leur facteur de charge ; aujourd'hui enfin elles entreprennent la distribution d'énergie électrique pour tous les emplois, y compris la grosse force motrice industrielle, les tramways urbains et les chemins de fer.

Les appareils électrogènes doivent pouvoir fournir l'énergie aux clients sous une tension uniforme, quelle que soit la demande, et la Compagnie doit pouvoir distribuer des courants monophasés, di et triphasés à la tension qui convient au client. Ce sont les machines polyphasées qui s'adaptent le mieux à ces conditions, aussi sont-elles partout adoptées.

Pour le réglage de la tension, les consommateurs qui absorbent des charges triphasées équilibrées ne donnent pas lieu à grande difficulté ; il en est à peu près de même pour une charge diphasée qu'on peut équilibrer en partie par l'emploi de transformateurs montés en T ; on règle la tension d'alimentation soit par des régulateurs automatiques agissant sur les feeders, soit en faisant varier la tension de l'alternateur.

Quand il y a une forte demande de charge monophasée et particulièrement quand elle donne lieu à déséquilibre, c'est-à-dire quand il n'est pas possible d'équilibrer la grosse charge monophasée d'un seul client par d'autres charges monophasées, deux nouveaux problèmes se présentent. D'abord, le débit en énergie des machines électrogènes étant très réduit, puisqu'il est limité par l'échauffement des enroulements de la phase fortement chargée, il faut équilibrer la charge monophasée, on la diviser entre les alternateurs, pour pouvoir leur faire donner leur puissance normale. Le second problème consiste à maintenir une tension uniforme sur toutes les phases malgré le déséquilibre.

Quand une charge monophasée est fournie directement par un alternateur polyphasé, l'effet de cette charge est de produire un déséquilibre dans les tensions aux bornes de la machine. La tension dans une phase quelconque d'un alternateur chargé est la résultante de la force électromotrice induite et de la force électromotrice nécessaire pour faire circuler le courant à travers l'impédance de cette phase. Si donc des courants égaux et de même déphasage sont fournis par les trois phases, autrement dit, si la charge est équilibrée, le diagramme des tensions aux bornes en charge est semblable à celui de la marche à vide, sauf que toutes les tensions ont subi un déplacement angulaire semblable ; les tensions restent donc équilibrées. Mais si on applique à la machine, triphasée par exemple, une charge monophasée, les tensions aux bornes de deux phases seulement sont affectées par le courant de charge, et le triangle des tensions aux bornes est déformé : il n'est plus équilatéral. Voir figures 1 et 2.

La division d'une charge déséquilibrée entre les diverses machines reliées à un réseau polyphasé peut s'expliquer ainsi : la déformation du diagramme des tensions doit être la même pour toutes les génératrices reliées à des barres communes, donc la grandeur de la chute de tension par impédance doit être la même dans toutes ces machines.

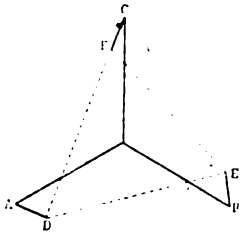


Fig. 1.

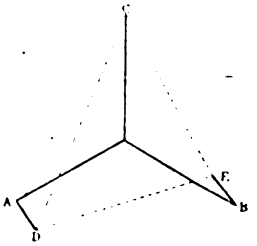


Fig. 2.

Autrement dit, le déséquilibre de la charge se répartit entre toutes les machines reliées au réseau d'une façon inversement proportionnelle à l'impédance de la machine, augmentée de l'impédance de la ligne jusqu'au point d'application de la charge déséquilibrée.

Outre le déséquilibre des tensions, les charges monophasées dans un réseau polyphasé peuvent produire de fâcheux échauffements dans les machines polyphasées, à moins que ces machines ne soient spécialement établies pour porter des charges monophasées. On reviendra plus loin sur ce point.

Lorsque le déséquilibre des tensions et l'échauffement des enroulements deviennent assez importants pour compromettre le service, il faut chercher d'autres moyens d'alimenter les charges déséquilibrées. Il y en a trois : emploi d'alternateurs monophasés séparés, emploi de groupes d'équilibre auxiliaires, emploi de groupes moteurs-génératrices installés dans des sous-stations.

Charges monophasées alimentées par des alternateurs monophasés. — C'est là évidemment, avec la troisième, une des deux solutions à adopter quand la fréquence du courant monophasé est différente de celle du réseau polyphasé. L'alternateur peut être actionné directement par une machine à vapeur, ou par un moteur électrique relié au réseau polyphasé. Cette méthode peut aussi, bien entendu, s'employer quand la fréquence est la même pour les deux sortes de courants.

L'alternateur monophasé est bobiné exactement comme un alternateur triphasé, mais son rotor est pourvu d'un enroulement amortisseur en cage d'écureuil dont les conducteurs sont logés dans les faces polaires. En effet, dans toute machine à tension constante, la force magnétomotrice due au courant induit ne doit pas modifier le flux inducteur principal, tant que la charge reste constante. Donc, dans les alternateurs monophasés, où la force magnétomotrice du courant induit est pulsatoire, c'est-à-dire variable en grandeur d'un instant à l'autre et variable en position par rapport aux inducteurs, d'un instant à l'autre aussi, il doit évidemment exister une autre force magnétomotrice qui, combinée avec la réaction d'induit, donne une résultante de valeur constante et dont la position soit fixe par rapport aux pôles inducteurs. Cette force magnétomotrice est fournie par les courants induits dans l'enroulement amortisseur. Si la compensation était parfaite, aucun cou-

[1] D'après différents mémoires publiés par MM. Torchio, Gilman et Fortescue, Alexanderson et Hill, Eglin. *Proceedings of the American Institute of Electrical Engineers*, octobre 1916, t. XXXV, p. 1421-1479.

Digitized by Google

rant parasite ne serait induit dans les enroulements inducteurs ni dans les faces polaires, mais, comme, cette perfection est irréalisable, une partie de la réaction d'induit subsiste. Décomposons cette réaction sinusoïdale et fixe dans l'espace en deux vecteurs égaux tournant en sens inverse l'un de l'autre avec une même vitesse correspondant à la fréquence fondamentale; l'un de ces vecteurs aura une position fixe par rapport aux pôles et, par suite, sera sans action inductive sur eux, mais, l'autre induira dans le enroulements inducteurs et les faces polaires un petit courant de fréquence double. C'est ce qui explique les grands échauffements constatés dans les alternateurs polyphasés sans amortisseurs quand ils débitent des courants déséquilibrés.

Un alternateur monophasé ainsi construit peut évidemment servir aussi d'alternateur polyphasé, et travailler en parallèle avec les alternateurs polyphasés de l'usine, ce qui serait particulièrement utile si les pointes de la charge monophasée et de la charge polyphasée se produisaient à des heures différentes.

Alimentation directe des charges monophasées par le réseau polyphasé, mais avec maintien de l'équilibrage du réseau au moyen de machines auxiliaires. — Comme on l'a dit, les charges monophasées non équilibrées se répartiront entre les diverses machines reliées au réseau dans un rapport inverse de l'impédance des machines et du circuit de distribution jusqu'au point de déséquilibre. Donc si une machine d'impédance nulle était branchée sur le réseau, elle prendrait toute la charge déséquilibrée. Il suffit donc, pour obtenir un équilibreur, de neutraliser la chute de tension par impédance due à la charge déséquilibrée. On peut obtenir l'équivalent d'une impédance nulle en recourant à un ou plusieurs survolteurs monophasés qui fourniront une tension de grandeur et de phase telle que le triangle déformé des tensions redevienne équilatéral.

Il est évident que, si on branche sur un réseau triphasé équilibré un moteur ayant des forces contre-électromotrices symétriques équilibrées, il recevra du réseau une charge équilibrée. Si toutes les charges déséquilibrées étaient isolées du reste et fournies par un seul alternateur, il est évident, comme on l'a dit plus haut, que les tensions aux bornes de cet alternateur deviendraient dissymétriques et formeraient, par exemple, le triangle A B C de la figure 3. Le problème est donc de relier cette machine au réseau équilibré, sans qu'aucune partie de la charge dissymétrique puisse être fournie par l'alternateur principal. Si l'on règle l'excitation de l'alternateur auxiliaire de façon que la tension aux bornes d'une phase quelconque, par exemple A B, soit égale à celle du réseau polyphasé, et si, en série avec la borne C, on relie un survolteur monophasé donnant une force électromotrice égale à C D et de la direction indiquée par la figure, on peut former un triangle de tensions symétrique et égal à celui du réseau principal, et si cette machine est mise en parallèle avec le réseau, il n'y aura pas d'échange de charges entre eux. Si cet alternateur et ce survolteur étaient montés sur le même arbre, il serait possible de supprimer la puissance motrice et le groupe se comporterait comme un moteur-générateur recevant du réseau une puissance polyphasée équilibrée et fournissant de l'énergie monophasée. C'est donc un groupe d'équilibre qui fonctionnera normalement tant que la charge dissymétrique restera invariable en grandeur et en phase. Si la phase de la charge monophasée vient à changer, il faut changer la phase du survolteur par rapport à celle de l'alternateur d'équilibre, et si c'est la grandeur de cette charge qui change, il faut modifier en proportion la valeur du survoltage. Dans le diagramme de la figure 3, la charge monophasée est fournie par la phase A C, et l'on voit que, si cette charge devait être transférée à la phase A B ou à la phase

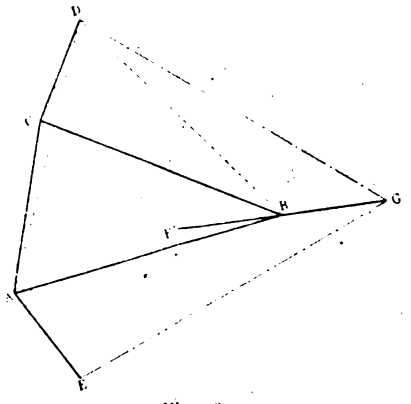


Fig. 3.

B C, le survoltage devrait être décalé d'un angle de 120° ou de 240°.

On peut aussi partir d'un autre côté quelconque du triangle et en construisant des triangles équilatéraux sur ces côtés pris comme base, on obtient deux autres forces électromotrices de survoltage qui peuvent aussi produire l'équilibrage nécessaire.

Il est donc évident qu'à la place de l'un quelconque de ces survoltages, comme C D par exemple, on peut employer deux survoltages de valeur égale et déphasés de 180° par rapport à C D, si on les relie aux points A et B du triangle (fig. 4). On encore on peut employer trois survoltages, chacun relié à un des sommets du triangle primitif. Sur la figure 3, on voit que les triangles C D B et A E B sont égaux, et puisque par construction les côtés C B et E B font entre eux un angle de 60°, les côtés C D et A E font aussi un angle de 60° et les forces électromotrices C D,

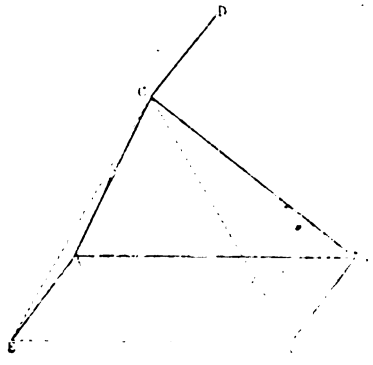


Fig. 4.

A E et F B sont à 120°, l'une de l'autre et toutes égales en grandeur. Si l'on change le signe d'une de ces valeurs, il est visible que les trois survoltages peuvent être employés à produire un triangle équilibré. On pourrait donc placer les trois enroulements survolteurs sur une armature unique qui serait bobinée exactement comme une machine triphasée, sauf que le déphasage des tensions aux bornes serait 60° au lieu de 120°. (Voir le triangle D E G de la figure 3.)

L'aptitude d'une génératrice électrique sans appareils

Digitized by Google

auxiliaires à agir comme machine d'équilibre ou compensatrice est caractérisée par l'impédance qu'elle oppose à la composante de la charge déséquilibrée qui tourne en sens contraire du champ principal. Une telle machine, si on la relie à un réseau déséquilibré, lui fournit un courant à rotation inverse, d'intensité telle que le déséquilibrage soit le même pour la machine et pour le réseau. L'équilibrage des tensions du réseau est donc amélioré aux dépens de l'équilibrage des tensions de la machine. Or les tensions qui causent le déséquilibre aux bornes de la machine sont les chutes de tension par impédance dues au courant polyphasé à rotation inverse fourni par la machine. Un moyen d'aider cette machine à maintenir l'équilibrage consiste donc à fournir à ses enroulements, au moyen d'un survolteur, des forces électromotrices polyphasées, égales à ces chutes de tension par impédance, mais à sens de rotation inverse, ce qui annulera l'impédance de la machine pour ces courants.

Comme, avec l'importance et la phase du courant déséquilibré, la chute de tension par impédance variera en grandeur et en phase, la source extérieure de force électromotrice doit être pourvue d'un réglage pour la tension et la phase, et l'appareil chargé d'effectuer ces réglages doit être suffisamment sensible aux variations du déséquilibre. Le moyen de réglage, pour une machine auxiliaire accouplée rigidement à la machine principale, peut être formé de deux enroulements inducteurs décalés d'un quart de période et reliés à des excitatrices distinctes. On pourra régler ainsi la grandeur et la phase des tensions de la machine auxiliaire par rapport à celles de la machine principale.

Ce système est celui qu'on applique dans ce qu'on appelle a compensatrice shunt. La machine principale du groupe, ou compensatrice proprement dite, est une machine polyphasée, de préférence synchrone pour ne pas prendre de courant déwatté au réseau, et la machine auxiliaire d'équilibrage lui est accouplée directement. Celle-ci est de dimensions relativement faibles, son débit ne servant qu'à compenser les pertes et la chute de tension inductive dans les enroulements de la machine principale.

La Philadelphia Electric Company emploie des compensatrices de ce type.

Un autre système est celui de la compensatrice série, dans lequel le circuit monophasé se trouve en série avec une des phases de la compensatrice. La fonction de cette machine n'est pas de compenser une charge monophasée alimentée par une ligne triphasée, mais de transformer la charge monophasée en une charge triphasée avant de la relier à la ligne.

Cette compensatrice est construite comme un moteur d'induction ou un moteur synchrone diphasé à cage d'écureuil. Considérons les deux enroulements statoriques comme le primaire et le secondaire d'un transformateur. Le rotor à cage d'écureuil est un intermédiaire permettant de transposer le courant du primaire au secondaire, et, en tant que transformateur, la compensatrice ne diffère d'un transformateur ordinaire qu'en ceci, que la phase du secondaire est décalée d'un quart de période par rapport à celle du primaire. Ce décalage de phase est dû à l'intervalle de temps nécessaire à la cage d'écureuil pour tourner d'un angle correspondant au décalage dans l'espace des enroulements primaire et secondaire du stator. Le fonctionnement de la compensatrice série s'explique plus facilement dans le cas d'un réseau diphasé, mais il est clair qu'on peut l'employer dans un réseau triphasé au moyen d'un transformateur à montage Scott. Le but de l'emploi de la compensatrice est de répartir également la charge monophasée entre les deux phases du réseau diphasé. Si le problème était de répartir la charge monophasée entre deux circuits d'un réseau monophasé, on voit facilement que la solution serait donnée par l'emploi d'un transformateur en série. Si ce transformateur avait un rapport de 1 : 1, le courant serait également réparti entre les deux circuits à toutes les charges. Dans le cas ici considéré, les deux phases du réseau diphasé ne diffèrent des deux circuits d'un réseau monophasé que par leur déphasage relatif. Si l'on peut se servir de la compensatrice comme d'un transformateur introduisant le décalage voulu entre ses courants primaire et secondaire, on pourra lui faire jouer le rôle d'un transformateur série placé entre la ligne monophasée et l'une des phases du réseau diphasé, de la même manière et avec le même fonctionnement qu'on vient de le dire pour un transformateur série ordinaire répartissant la charge entre les deux ponts d'un réseau monophasé. Cette analogie conduit à prévoir que la compensatrice série transformera automatiquement la charge monophasée en une charge polyphasée et que, par suite, la répartition du courant entre les deux phases sera parfaite à toute charge. C'est ce que l'expérience vérifie.

La compensatrice shunt est particulièrement recommandable dans les cas où l'on prévoit que la charge monophasée sera alimentée par différentes phases d'un réseau polyphasé. Dans ce cas, les charges monophasées s'équilibreront en partie et il n'y aura à convertir que la différence de ces charges. Il y a d'autre part des cas où la compensatrice série convient mieux : ce sont ceux où l'on veut transformer la charge monophasée au point où elle est reliée au réseau triphasé. La compensation série a alors l'avantage de la simplicité, son fonctionnement étant automatique, sans génératrice auxiliaire ni régulateur de tension. Lorsqu'on veut faire alimenter par un réseau polyphasé une seule machine à souder électrique ou un seul four à arc, la compensatrice série est à recommander.

Dans une compensatrice shunt, la machine auxiliaire est nécessairement coûteuse à cause de sa double rangée de pôles et de la grande variation d'excitation nécessaire; ses excitatrices doivent être de puissance assez grande pour permettre de faire passer rapidement le courant inducteur du maximum positif au maximum négatif.

Il y a de plus le système de réglage, qui est compliqué et coûteux.

Il reste à mentionner un dernier moyen de produire la puissance monophasée au moyen d'un réseau polyphasé : il consiste à installer dans des sous-stations des groupes moteurs-génératrices alimentés par le réseau et fournissant la puissance monophasée.

Conclusion. — La première méthode, consistant à alimenter les charges monophasées par des alternateurs monophasés, d'ailleurs bobinés comme les triphasés, mais pourvus d'une cage d'écureuil, convient, comme on l'a dit, quand la fréquence du réseau monophasé est différente de celle du réseau triphasé. Elle a l'inconvénient de nécessiter l'emploi d'alternateurs plus chers et d'un rendement plus faible que les alternateurs polyphasés normaux. Mais, d'autre part, elle isole le réseau monophasé du réseau polyphasé, ce qui est avantageux, si la charge monophasée est sujette à des interruptions fréquentes et brusques.

La seconde méthode, celle du convertisseur de phase en compensatrice, permet de relier directement de grosses charges monophasées à un réseau polyphasé, pourvu que la fréquence soit la même pour les deux formes de courant.

Le troisième système (groupes moteurs-génératrices dans des sous-stations) est une variante du premier et permet, comme lui, d'alimenter une charge monophasée de fréquence

Digitized by Google

et de facteur de puissance quelconques sans troubler l'équilibre et le réglage des tensions du réseau triphasé, mais il ne réalise pas une indépendance complète entre ce réseau et le monophasé. La principale objection qu'on peut lui faire est tirée du coût des groupes moteurs-génératrices et des frais de surveillance qu'ils entraînent.

Au point de vue de l'économie de fonctionnement, il y a peu de différence entre ces divers systèmes.

La figure 5 représente les schémas de montage des compensatrices shunt et série, installées soit à l'usine génératrice, soit dans une sous-station.

Voici la solution qu'on a adoptée dans un cas très important de ce genre qui s'est présenté à New-York. Il s'agissait

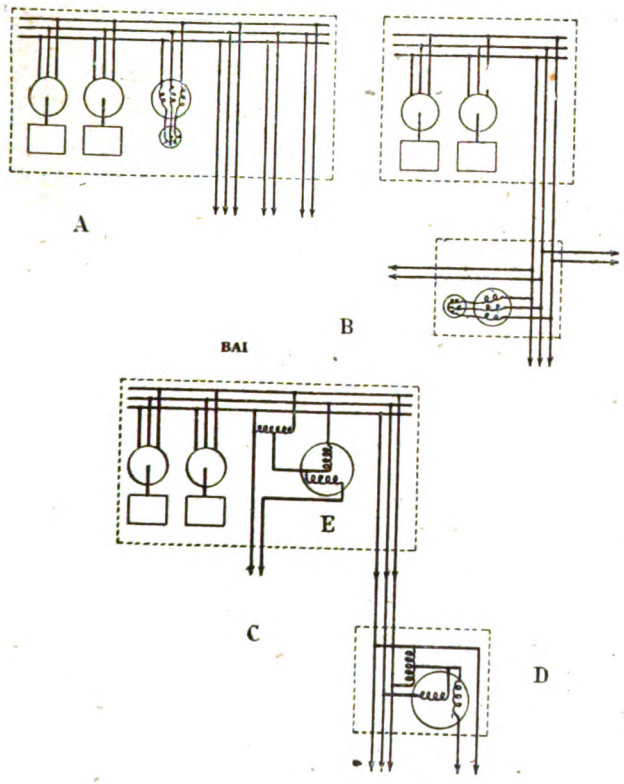


Fig. 5.

A, usine génératrice avec alternateurs polyphasés et convertisseur de phase shunt; B, réseau avec alternateurs polyphasés et convertisseur de phase shunt dans une sous-station; C, réseau avec alternateurs polyphasés et convertisseur de phase en série; D, sous-station avec convertisseur de phase.

pour les Compagnies d'éclairage de cette ville de fournir au chemin de fer de New-York à New-Haven une partie de la puissance qui lui est nécessaire, c'est-à-dire une puissance monophasée de 6 500 kw à un facteur de puissance de 70 pour 100, avec des pointes momentanées de 250 pour 100. La puissance fournie devait être mise en parallèle avec l'usine génératrice de 35 000 kv-a, monophasés, de la Compagnie du chemin de fer New-York-New-Haven, installée à Cos Cob. La puissance fournie devait être à 25 p : sec; elle devait être livrée à l'embranchement de West-Farms, sous la tension de 22 000 v et sous forme de courant monophasé, avec le neutre relié aux rails. On disposait alors, pour alimenter cette charge, d'une puissance de 237 000 kw à 25 p : sec à l'usine de Waterside et d'une puissance de 45 000 kw à 60 p : sec à l'usine de la 20e rue. De Waterside à West Farms, la distance par conduites disponibles est de 15 km; de l'usine de la 201e rue, la distance est de 7 km.

On étudia les systèmes suivants :

1° Alimenter par les barres de l'usine de Waterside, qui a une puissance électrogène de 237 000 kw quand tous les groupes marchent en parallèle. Ici, la puissance totale des alternateurs est assez grande pour absorber la charge monophasée sans échauffement inadmissible des enroulements.

2° Alimenter par une section des barres à 25 p : sec de l'usine Waterside. Dans ce cas la puissance électrogène reliée à cette section des barres serait relativement faible et l'on devrait employer des convertisseurs de phase pour équilibrer la charge entre les phases, les alternateurs n'étant pas construits pour fournir une charge monophasée supérieure à 10 ou 15 pour 100 de leur puissance maxima.

3° Installer à l'usine de la 201e rue des alternateurs spéciaux à 25 p : sec qui pourraient fournir la charge monophasée demandée tout en fournissant une autre charge à 25 p : sec dans le secteur de cette usine.

Dans ces trois cas, la tension devait être élevée à 24000 v au moyen de transformateurs pour la transmission et la livraison à l'usine de West Farms.

On considéra la première méthode comme impraticable parce qu'elle ne permettait pas le réglage de vitesse nécessaire pour effectuer la division de la charge avec l'usine de Cos Cob.

La seconde méthode exigeait l'installation de convertisseurs de phase qui étaient des machines d'un type nouveau, qu'aucun constructeur n'avait encore mis au point.

La troisième méthode parut la plus avantageuse parce qu'elle devait permettre un réglage complet de la charge et de la tension avec une courte transmission. Les frais d'installation des nouveaux alternateurs exigeaient un capital important, mais on considéra que ce matériel serait utilisé finalement non seulement pour la charge du chemin de fer, mais aussi pour les besoins toujours croissants de la Compagnie de distribution elle-même.

On installa donc à l'usine de la 201e rue deux turbo-alternateurs triphasés à 25 p : sec et 6600 v ayant une forte capacité monophasée. Leur puissance nominale est de 20000 kw en courant triphasé à facteur de puissance unité, et ils sont de plus garantis pour une puissance monophasée continue de 14300 kv-a. Cette grande capacité en monophasé a été rendue possible en munissant les pôles inducteurs d'enroulements amortisseurs.

Ce système fonctionne sans aucune difficulté depuis quatorze mois.

P. L.

Nettoyage des tubes de condenseurs au moyen de l'acide chlorhydrique.

L'emploi des acides pour dissoudre les dépôts calcaires qui se forment dans les tubes des condenseurs et les chaudières a souvent été tenté, malgré les corrosions qui peuvent résulter d'une opération mal conduite. Il semble toutefois qu'on puisse sans inconvénient utiliser l'acide chlorhydrique étendu car de nombreux essais ont montré que les divers métaux et alliages, cuivre, étain, laiton, fer, fonte, sont à peine attaqués, lorsqu'ils sont polis, par des mélanges d'acide chlorhydrique commercial et d'eau dans la proportion de 1 volume du premier liquide pour 2 à 10 volumes du second. La fonte toutefois, sans doute parce qu'elle

Digitized by Google

n'est pas suffisamment polie, est un peu attaquée. Mais il est facile de la préserver, tout au moins dans le cas des condenseurs, en la recouvrant d'une couche de peinture.

Ce procédé a été appliqué à l'usine génératrice d'électricité de Bielefeld sur un condenseur d'une capacité d'environ 7,22 m³, et d'une surface de refroidissement de 65 m². Au moyen d'une petite pompe centrifuge branchée sur la conduite amenant l'eau de circulation au condenseur, on fit circuler dans l'appareil, pendant 3 heures, environ 1 700 kg d'acide chlorhydrique commercial à 22° B. Au bout de ce temps on remplaça cet acide par de l'acide étendu de 5 fois son volume d'eau et on fit circuler celui-ci jusqu'à ce qu'il ne se produise plus de dégagement de gaz par une ouverture pratiquée au haut du condenseur, ce qui demanda 20 heures. Les boues restant dans les tubes furent alors facilement enlevées par un courant d'eau. D'après le « Bulletin des Ingénieurs civils de France » à qui sont empruntés ces renseignements, le coût de ce nettoyage a été de 0,16 fr. par mètre carré de surface de refroidissement.

Perfectionnements aux transformateurs électriques [1].

Lorsqu'un courant excessif, dû à un court-circuit, ou à toute autre cause, traverse les éléments d'un transformateur, il se produit, par suite de la répulsion électromagnétique, des efforts mécaniques, qui peuvent être considérables; la présente invention a pour but d'établir une nouvelle construction, mieux adaptée que les anciennes,

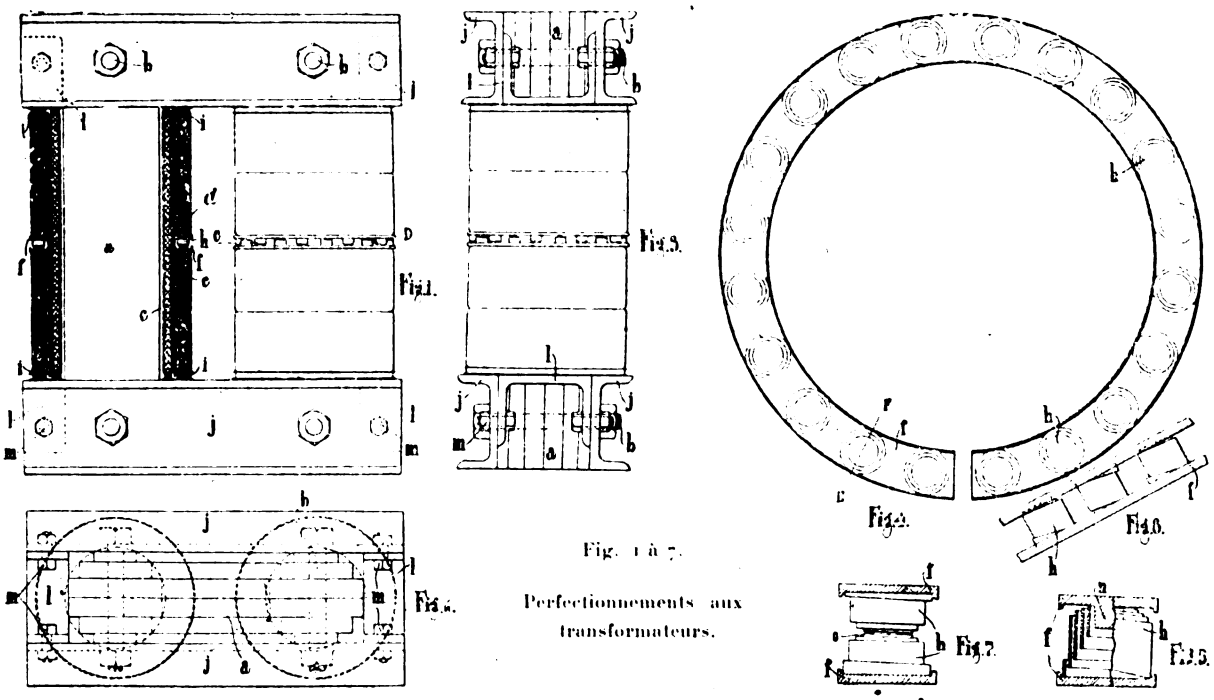


Fig. 1 à 7.

Perfectionnements aux transformateurs.

pour résister à ces efforts. Pour obtenir ces résultats, les enroulements sont maintenus contre leurs sièges par des organes élastiques, en sorte qu'aucun renversement de poussée ne peut avoir lieu en cas de courant excessif.

Les figures 1 et 3 montrent les perfectionnements proposés. Les enroulements c, d, sont placés sur un noyau, l'enroulement basse tension à l'intérieur, l'enroulement à haute tension, d à l'extérieur, avec intercalation de l'isolement usuel e. A peu près au milieu de leur hauteur, les enroulements à haute tension sont divisés en deux parties ou unités, par des ressorts en spirale h, portant sur des plaques f, écartant les unités en les appliquant contre une garniture i, i. La garniture i, i, porte contre le noyau, les pièces en U j, j et les pièces cornières l, l qui sont fixées aux pièces en U par des boulons m. Les figures 4 à 7 représentent en détail la disposition des ressorts. La pression sur les ressorts (fig. 7) agit en écartant les conducteurs, tandis que toute force qui tend à rapprocher les conducteurs agit avec une certaine infériorité à cause des frottements sur les surfaces en forme de coins. Par ces dispositions, les enroulements sont forcés continuellement contre leurs sièges; aucun renversement dans la direction de cette poussée ne peut se produire, les ressorts servant à compenser automatiquement un changement axial quelconque dans les dimensions des enroulements. En cas de court-circuit, comme la poussée résultante agit en ligne avec celle des ressorts, l'effet est d'augmenter simplement la charge sur les supports d'extrémités, sans mouvement des bobines.

[1] Sebastian Zani de Ferranti et Société Ferranti. *Brevet français* n° 480 776, 26 janvier 1916, 1 200 mots, 13 figures.

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

Le cuivre et la guerre

La guerre, en produisant une grande perturbation dans la répartition mondiale du cuivre, a fortement stimulé la production de ce métal. L'industrie du cuivre qui était autrefois intimement liée à l'industrie électrique, travaille maintenant presque exclusivement pour les munitions et traverse une ère de grande prospérité. Cette situation va sans doute être radicalement changée après la guerre. Or, pour être prêt à ce changement, il est nécessaire de connaître l'influence de la guerre sur l'industrie du cuivre. Dans ce numéro, l'auteur parle de la production mondiale du cuivre, celle de l'Europe exceptée.

La consommation du cuivre s'est considérablement accrue, à la fin du siècle dernier et au début du siècle actuel, grâce surtout au développement de l'industrie électrique qui apparaît comme un des principaux consommateurs du métal rouge. Avant la guerre, près de la moitié de la consommation du cuivre était destinée à satisfaire les besoins de l'industrie électrique. Une grande partie de la seconde moitié servait à la fabrication des objets en cuivre et en laiton dont les emplois sont fondés sur les qualités physiques de ces métaux et notamment sur la facilité de leur travail. Une forte portion enfin était utilisée dans la construction des chaudières et appareils thermiques.

La consommation du cuivre, qui avait dépassé en 1912 et 1913 un million de tonnes par an, était très variable suivant les pays, s'élevant le plus dans ceux où l'industrie électrique était très développée. Ainsi les États-Unis, dont la vaste étendue donne aux installations de transmission d'énergie électrique des dimensions inusitées, absorbaient à eux seuls le tiers environ ou plus exactement 34,6 pour 100 de la production mondiale du cuivre tandis que leur production de ce métal atteignait 58,5 pour 100 de la production mondiale qui s'élevait en 1913 à 1 006 000 t. La consommation de l'Europe tout entière était de 63,9 pour 100 et sa production de 18,5 pour 100 de cette quantité. Parmi les États européens la première place était occupée par l'Allemagne, pays à industrie électrique très développée, qui consommait plus d'un quart de la production mondiale. Cependant, la production allemande ne dépassait pas 41 100 t du cuivre fondu dont une grande partie était tirée du minerai étranger, car l'Allemagne n'a extrait en 1913 que 25 300 t de cuivre brut. Le blocus qui arrêta l'importation de ce métal en Allemagne priva du même coup les États-Unis de leur principal débouché. L'exportation américaine du cuivre diminua donc brusquement provoquant une baisse de prix de ce métal qui tomba à 1,24 fr le kilogramme et forçant de nombreuses entreprises d'exploitation du cuivre à arrêter ou à réduire considérablement leur production. La baisse du cuivre a eu lieu également à Londres où le dernier prix de ce métal à la Bourse avant la fermeture de cette dernière, c'est-à-dire le 30 juillet 1914, s'élevait à 56,5 livres la tonne. Or, lorsque la Bourse s'est rouverte le 29 octobre suivant, ce prix n'était plus que de 50,5 livres. Ce ne fut que vers le milieu de décembre 1914 qu'il monta à 58,25 livres, prix inférieur à la cote la plus basse du premier semestre de 1914, laquelle était, à la fin de juin, de 60 livres. Cependant la demande considérable du cuivre par les pays de l'Entente, qui en produisent très peu, fit bientôt remonter l'exportation de ce métal par les États-Unis à sa valeur habituelle. Il s'ensuivit une hausse du prix du cuivre qui a atteint son maximum le 16 mai 1916, lorsqu'il était de 145 livres la tonne (4 fr le kilogramme) pour le cuivre standard et de 157 livres la tonne (4,37 fr le kilogramme) pour le cuivre électrolytique.

Or, pour bien comprendre les causes de ces variations des prix, qui ont une répercussion immédiate sur l'industrie électrique et pour pouvoir déterminer l'état probable du marché du cuivre après la guerre, il faut connaître les gisements principaux de ce métal, sa production et sa consommation par divers pays et ses principales applications à l'industrie et à la guerre. Nous allons l'exposer ci-dessous en empruntant certains renseignements à un article intéressant que le « Journal du ministère des Finances russe » a publié dans son numéro du 3 décembre dernier.

Production. — L'exploitation du cuivre est particulièrement développée en Amérique où l'on rencontre des gisements excessivement riches, tels que celui de Butte (Montana) par exemple, dont on évalue le contenu à 6 millions de tonnes. Le gisement de Butte, exploité sur une étendue de 5 à 6 km², a fourni de 1882 à 1912 : 2 660 000 t de cuivre, 10 000 t d'argent et 40 à 50 t d'or, d'une valeur totale d'environ 5 milliards 300 millions de francs; maintenant on y extrait près de 125 000 t de cuivre annuellement. L'extraction totale des États-Unis jusqu'à 1910 inclusivement (depuis 1845) s'est élevée à 6 900 000 t de cuivre, tandis que les autres gisements de ce métal ont fourni jusqu'à la même date : 2 600 000 t en Espagne et au Portugal, 2 500 000 t au Chili, 1 250 000 t au Japon, 1 000 000 t en Allemagne, presque autant en Russie (depuis 1700), 800 000 t en Autriche (depuis 1844) et 660 000 t au Mexique.

Digitized by Google

Le tableau I donne les chiffres comparés de l'extraction mondiale du cuivre et des autres métaux.

Tableau I.

	PRODUCTION MONDIALE EN 1913, EN MILLIONS DE TONNES	PRIX MOYEN D'UNE TONNE A LONDRES, EN FRANCS	VALEUR DE LA PRODUCTION MONDIALE EN 1913, EN MILLIONS DE FRANCS
Plomb	1,187	460	535
Cuivre	1,006	1 700	1 700
Zinc	0,998	568	565
Etain	0,129	5 030	640
Nickel	0,030	2 000	120
Aluminium	0,068	2 000	140
TOTAL	3,418		3 660

On voit que le cuivre qui occupe la seconde place au point de vue de la production s'élève à la première place par sa valeur.

La production métallurgique du cuivre avec des minerais, aussi bien extraits dans le pays même qu'importés, s'élevait dans divers États au cours des années dernières à :

Tableau II. — *Production métallique du cuivre.*

PAYS	1900	1910	1912	1913
	En milliers de tonnes.			
Monde entier	499,2	891,1	1 018,6	1 005,9
Europe	131,7	178,8	195,3	186,5
Etats-Unis	286,9	527,7	592,9	589,1
Japon	24,3	50,1	67,0	77,2
Australie	21,8	37,9	44,9	41,8
Angleterre	79,7	71,0	63,1	52,1
Allemagne	30,9	38,0	38,9	41,1
Russie	8,1	22,6	33,5	34,3
France	6,4	12,9	11,9	12,0
Prix moyen de la tonne à Londres, en francs	1 840	1 430	1 820	1 700
Valeur de la production mondiale, en millions de francs	905	1 250	1 830	1 700

Certains pays tirent le cuivre métallique des minerais importés tandis que d'autres exportent leurs minerais à l'état brut ; la production du cuivre brut d'un pays diffère donc souvent de sa production métallurgique. Ainsi l'Allemagne, qui a produit, en 1913, 41 100 t de cuivre métallique, n'en a extrait pendant la même année que 25 306 tonnes. De même aux États-Unis ces chiffres étaient respectivement de 589 100 t et de 557 400 t grâce à une grande quantité de minerai de cuivre, importé du Mexique, du Chili, etc.

D'après les données de la grande firme anglaise « Henri Merton et C^e^ », l'extraction du cuivre dans divers pays s'élevait à :

Tableau III. — *Extraction du cuivre.*

PAYS	1900	1910	1913	1914	1915
	En milliers de tonnes.				
Extraction mondiale	494,2	891,0	1006,0	924	1061
Etats-Unis	275,0	492,7	557,4	525	646
Mexique	22,3	62,5	52,8	36	31
Chili		39,0	40,0	41	47
Canada	8,6	26,1	34,9	34	47
Australie	23,4	41,0	47,3	37	33
Japon	18,3	46,7	73,2	73	75
Espagne et Portugal	53,7	51,1	54,7	37	35
Allemagne	20,8	25,1	25,3	30	35
Russie	8,1	22,7	33,9	32	16[1]

(1) Ce chiffre diffère de celui donné par la statistique officielle russe qui est de 27 000 t.

Le tableau III montre que l'extraction mondiale du cuivre, qui a diminué de 1913 à 1914 de 82 000 000 t ou de 8,2 pour 100, s'est de nouveau accrue l'année suivante de 55 000 000 t ou de 5,5 pour 100. En effet, en 1914 l'extraction diminua dans tous les pays à l'exception de l'Allemagne qui, ne pouvant plus importer le cuivre, a travaillé énergiquement à augmenter sa propre production de ce métal. Au contraire, en 1915, la plupart des pays ont accrû leurs extractions. Le Mexique, où la production du cuivre resta stationnaire par suite des troubles politiques, l'Espagne et l'Australie qui ont été obligées par la cherté des frets, le manque de combustible, etc., de diminuer les leurs, y font seuls exception. Par contre, l'Allemagne continua d'augmenter sa production du cuivre qui s'est accrue de 1914 à 1915 de 5 000 t.

Amérique. — On voit par les tableaux II et III que les États-Unis sont le plus grand producteur de cuivre du monde, car ils ont fourni pendant la dernière année normale d'avant la guerre, c'est-à-dire en 1913, 58,5 pour 100 de la production mondiale de ce métal, dont toute l'Europe n'a produit que 18,5 pour 100. Comme les États-Unis n'ont consommé en 1913 que 34,6 pour 100, ils ont pu exporter une quantité considérable de leur cuivre qui s'est élevée, d'après la statistique américaine, pendant les trois dernières années, aux quantités indiquées dans les tableaux IV et V.

Tableau IV. — *Exportations de cuivre des Etats-Unis.*

	1913	1914	1915
	En tonnes.		
Royaume-Uni	53 682	87 536	80 983
France	65 826	66 326	102 400
Italie	18 877	26 068	41 705
Russie	40	425	20 456
Allemagne	145 529	88 432	»
Autriche	13 539	13 809	»
Hollande	77 129	58 940	1 678

Digitized by Google

TABLEAU V. — *Exportations mensuelles de cuivre aux Etats-Unis.*

	1916	1915	1914	1913
	En tonnes.			
Janvier	23 663	26 193	36 018	23 026
Février	20 648	15 583	34 634	26 792
Mars	26 301	30 148	46 504	42 408
Avril	21 654	18 738	35 070	33 274
Mai	16 662	28 889	32 077	38 601
Juin	39 595	16 976	35 182	28 013
Juillet	35 066	17 708	34 145	29 096
Août	32 160	17 551	16 508	35 072
Septembre	»	14 877	19 402	34 356
Octobre	»	24 087	23 514	29 230
Novembre	»	23 168	24 999	29 758
Décembre	»	42 426	22 166	30 653
TOTAL	»	276 344	360 220	382 810

La comparaison de l'exportation de 1915 avec celle de 1914 montre une diminution de près de 84 000 t. Il semble ainsi qu'à l'augmentation de la production du cuivre, observée aux Etats-Unis en 1915, correspond une diminution de leur exportation qui s'explique par un grand accroissement, pendant la même période, de l'exportation du cuivre sous forme de laiton et d'articles en laiton, principalement de ceux qui entrent dans la fabrication des munitions. L'exportation de ces dernières seulement s'est élevée en 1915 à 35 400 t d'une valeur de 55 millions de dollars, au lieu de 12 700 t d'une valeur de 7 millions de dollars en 1914.

L'exportation du cuivre des États-Unis pendant le premier semestre de l'année 1916 (147 943 t), quoique légèrement supérieure à celle de la même période de 1915 (136 527 t), est très inférieure à celles d'avant la guerre (219 494 t en 1914 et 194 136 t en 1913). Pendant ce temps l'exportation du laiton s'élevait à 30 000 t contenant 20 000 t de cuivre. Les principaux pays destinataires du cuivre américain pendant les premiers semestres de 1916 et de 1915 sont indiqués dans le tableau suivant :

TABLEAU VI. — *Exportations du premier semestre.*

	1916	1915
	Tonnes.	
France (1)	67 127	49 148
Royaume-Uni	31 732	47 109
Italie	23 723	23 965
Russie	5 053	3 151

(1) L'importation totale en France du cuivre pendant les sept premiers mois était 64 000 tonnes en 1914, 77 300 en 1915 et 112 000 tonnes en 1916.

Le principal acheteur du cuivre américain avant la guerre était l'Allemagne. L'exportation américaine dans ce pays était encore plus grande que ne le montre le tableau IV, car, d'après la statistique allemande, l'Allemagne avait importé des États-Unis, en 1913, 197300 t. La différence de ce chiffre avec celui donné par la statistique américaine s'explique par une erreur de statistique qui a indiqué comme exportées en Hollande près de 51800 t de cuivre destiné à l'Allemagne, dont la partie occidentale préférait importer le cuivre américain par voie de Hollande plutôt que par l'intermédiaire des ports allemands.

L'arrêt subit de l'exportation du cuivre américain en Allemagne a naturellement provoqué une forte crise de l'industrie de ce métal aux États-Unis qui obligea de nombreuses entreprises de ce pays de réduire sensiblement leur production pendant le second semestre de 1914. Mais, l'année suivante, sous l'influence de la demande toujours croissante en Angleterre, en France et en Italie, la production du cuivre aux États-Unis atteignit 646000 t, chiffre qui n'avait jamais été atteint jusque-là. Toutes les mines et fonderies de cuivre élevèrent leur production au maximum, ayant vendu pour la plupart, au début de 1916, toute leur production jusqu'à la fin de cette année et même jusqu'au premier trimestre de 1917. Leur production, en 1916, a dépassé toutes les prévisions en atteignant 100000 t environ par mois. Les riches gisements de cuivre, situés au sud du Lac Supérieur (Michigan), fournissaient autrefois presque exclusivement le cuivre aux États-Unis. Actuellement ce sont les mines de Montana et d'Arizona qui sont devenues les fournisseurs les plus importants de ce métal. Les principaux minerais, exploités dans ces mines, sont les pyrites à faible teneur de cuivre (2 à 3 pour 100) ; de grands progrès ont été effectués dans leur traitement. Les nouvelles dispositions, adoptées dans les mines et usines américaines les plus récentes et qui firent l'objet de deux communications intéressantes à l'*American Institute of Mining Engineers*, sont exposées dans le *Génie civil* du 18 novembre dernier.

Dans la mine « Inspiration » à Miami (Arizona), par exemple, la force motrice est fournie, outre l'usine hydro-électrique installée à une distance de 64 km, par l'usine thermique utilisant les chaleurs perdues des fours à reverbères. Cette dernière comprend trois groupes turbo-alternateurs de 7500 k-w chacun. Un groupe de chaudières chauffées au pétrole est mis en service lorsque les chaleurs récupérées des fours deviennent insuffisantes pour la charge. Des perfectionnements importants furent apportés au procédé de concentration par flottage permettant d'obtenir de 75 à 95 pour 100 au lieu de 65 à 75 pour 100, atteints par les anciennes méthodes de concentration. Grâce à ces divers perfectionnements, le prix de revient du cuivre diminua, et fut, en 1915, de 8 à 15 pour 100 inférieur à celui de 1914.

Pourtant les prix du cuivre n'ont encore jamais été aussi élevés qu'en mai de 1916, et toutes les entreprises de cuivre ont bien utilisé cette situation extraordinaire, comme le montre l'exemple des deux sociétés suivantes. La Société « Utah Copper Co » (fondée en 1903 au capi-

Digitized by Google

tal de 25 millions de dollars et dont la production s'élevait de 55000 t en 1914 à 71000 t en 1915, a fait, en 1915, 17910000 dollars de bénéfices nets au lieu de 7170000 dollars en 1914. Une autre Société « Chino Copper Co » dont la production s'élevait à 24800 t en 1914 et 31000 t en 1915 a vu ses bénéfices nets, pendant les mêmes années, s'élever de 3190000 dollars à 6910000 dollars. L'augmentation des bénéfices nets, de 1914 à 1915, a représenté pour ces sociétés plus de 100 pour 100. En effet, les dividendes payés par la première société, qui n'étaient que de 30 pour 100 pendant la période de 1911 à 1914, ont atteint 100 pour 100 en 1915; le cours des actions de la société s'est élevé, de 10 dollars qu'il était, à 83,5 dollars, c'est-à-dire de 835 pour 100. Quant à la « Chino Copper Co », elle a distribué 50 pour 100 de dividende en 1915 et 60 pour 100 en 1916 tandis que le cours de ses actions montait de 5 dollars à 55, ce qui correspond à un accroissement de 1100 pour 100.

Plus d'un quart du cuivre américain, soit 200000 t, a été fourni, en 1915, par les fonderies « Raritan Copper Works » situées au Mexique et appartenant à la Société « Anaconda Copper Co ». Le Mexique a extrait, en tout, 1325 t de cuivre en 1890, 22000 t en 1900 et de 50000 à 60000 t par an les années suivantes.

La production des mines du Canada, qui ne représentait que 3000 t en 1890 et 8500 t en 1900, a atteint 25700 t en 1910 et 34365 t en 1913 [1].

Enfin, les divers états de l'Amérique du Sud, qui produisaient annuellement 35500 t de cuivre dès 1890 et ont fourni 36500 t en 1900, ont atteint un rendement supérieur à 50000 t dès 1908 et un peu au-dessus de 70000 t en 1912 et 1913. Le plus grand producteur de ces États est le Chili qui a fourni 29126 t en 1905, 38346 t en 1910 et 40195 t en 1913. Le Pérou a produit 12213 t en 1905, 27375 t en 1910 et 25715 t en 1913. La production de la Bolivie s'est élevée à 2032 t en 1905, à 2574 t en 1910 et à 3658 t en 1913. Enfin, Cuba a fourni, en 1913, 3517 t.

Australasie. — L'Australasie produit également une grande quantité de métal qui s'est élevée à 34483 t en 1905, à 40969 t en 1910 et à 47396 t en 1913. Sa principale productrice est l'Australie dont le rendement, qui était de 10000 t environ à la fin du siècle dernier, a dépassé 40000 t avant la guerre.

Afrique. — En Afrique, la « Taganykia » Congo a augmenté son extraction de 927 t en 1911 à 2465 en 1912, 7358 t en 1913, 10723 t en 1914 et 12688 t en 1915. Deux fours y ont été allumés au début de cette année produisant, ensemble avec les trois qui fonctionnaient déjà, plus de 2000 t par mois.

L'Afrique du Sud n'était jusqu'ici qu'un producteur modeste de cuivre, sa principale mine de la « Cape Copper » ne fournissant que 3000 à 4000 t par an. Mais la mise en valeur du Congo belge a ouvert de vastes perspectives puisque, en quatre ans, le rendement du « Katanga » a augmenté de 1000 à 10000 t. L' « Étoile du Congo » a extrait 50000 t de minerai en 1913. La mine « Kambove », arrêtée en juin 1913, a produit 4000 t de minerai dans l'année. L' « Union Minière » comptait sur une production de 25000 t de cuivre en 1915 et de 40000 t en 1916. Enfin, la nouvelle mine allemande d' « Otavi » dans la colonie du Sud-Ouest africain a fourni, en 1915, 50070 t de minerai.

Asie. — En Asie — les richesses minérales de la Chine restant encore inexploitées — le principal producteur du cuivre est le Japon qui a également augmenté, au cours des dix-quinze dernières années, sa production du cuivre qui formait, en 1913, 7,7 pour 100 de la production mondiale. La production des fonderies japonaises, après avoir été de 2300 t de cuivre en 1900, atteignit, en 1913, 77200 t, c'est-à-dire plus que le triple. Cependant le développement de l'industrie de cuivre japonaise a été plus lente que le progrès de celle de la Russie où la production du métal a presque quadruplé, grâce à des droits d'entrée excessivement élevés et a monté de 8100 t à 34000 t. Néanmoins la valeur absolue de la production du cuivre japonaise est double de celle de la production russe de sorte que, en 1914, le Japon a pu envoyer à la Russie, par voie de Vladivostok, 26100 t de cuivre d'une valeur de 80 millions de francs. Le reste est exporté en Angleterre, en France et aux États-Unis. L'exportation en Chine est totalement arrêtée.

A suivre.

J. VICHNIAK,
Ingénieur E. S. E.

Assemblées générales

Société d'Électricité de Paris.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 23 DÉCEMBRE 1915.

Les deux questions qui ont été traitées tout spécialement dans le rapport du Conseil de la Société d'Electricité de Paris sont la situation de trésorerie et celle qui touche aux approvisionnements en charbon; de la première, nous ferons une courte analyse, tandis que la seconde, magistralement exposée dans le discours de M. Daniel Berthelot, Président, présente une ampleur qui dépasse le cadre restreint du compte rendu d'une Assemblée.

La Société d'Électricité de Paris ne dessert, comme on sait, qu'un petit nombre de clients, Metropolitain, Nord-Sud, Compagnie des omnibus, les Tramways de Paris et du département de la Seine, etc. Pour tous ces contrats, le prix de l'energie électrique n'est fixé définitivement que l'année qui suit d'après la moyenne des prix de l'année courante. On

(1) Pendant la guerre, le Canada a augmenté considérablement sa production ainsi que les autres pays producteurs du cuivre, dont nous parlons plus loin, mais les chiffres que nous possédons s'arrêtent à la date de 1913.

Digitized by Google

voit que lorsque la hausse des prix, qui, dans les temps ordinaires, dépasse rarement 10 à 20 pour 100, s'élève à 300 pour 100, comme c'est le cas depuis le commencement de la guerre, la Société est amenée à faire des avances qui auraient pu atteindre dans l'exercice 12 millions si elles n'avaient été en partie compensées par des arrangements amiables pris avec des clients.

Le chiffre des ventes de courant qui est de 116 824 395 Kw-h marque une progression sensible sur l'exercice précédent où il avait été de 85 510 053, bien qu'il n'ait pas encore atteint celui de 1913-1914.

Cette progression continue d'ailleurs pendant l'exercice en cours pour lequel les ventes du courant ont été, pendant les 5 premiers mois, de 60 570 000 kw-h contre 45 275 000 dans la même période de l'exercice précédent, et 28 711 000 dans la même période de l'avant-dernier exercice.

Le crédit du Compte profits et pertes se monte à un total de 4 321 050 fr dont 3 968 100 de bénéfices industriels et produits du portefeuille laissant un solde à répartir de 2 615 847 fr après amortissements.

Le dividende, malgré les circonstances défavorables de l'heure actuelle, a pu être maintenu au chiffre le plus élevé qu'il ait atteint avant la guerre, soit à 20 fr ou 8 pour 100 pour les actions et à 33,33 fr pour les parts bénéficiaires.

BILAN AU 30 JUIN 1916.

Actif.

	fr
Caisse, banques et débiteurs divers	15 325 989,43
Obligations à la souche	4 169 000 »
Approvisionnements	2 267 037,12
Portefeuille	16 731 735,13
Frais de constitution de la Société, mobilier et aménagement du siège social	Pour mémoire.
Frais d'émission des obligations (après amortissement au 30 juin 1916)	1 141 791,64
Premier établissement : Usine de Saint-Denis (après amortissement au 30 juin 1916)	23 081 666,80
	62 697 210,11

Passif.

	fr
Capital 100 000 actions de 250 fr	25 000 000 »
10 000 parts bénéficiaires	Pour mémoire.
Obligations de 500 fr 4 pour 100 (après amortissement de 4 571 titres	22 714 500 »
Réserve légale	858 159,76
Fonds de renouvellement du matériel	7 100 000 »
Créditeurs divers	3 066 624,36
Profits et pertes	2 615 847,70
	62 697 210,11

L'Éclairage électrique.

ASSEMBLÉES GÉNÉRALES ORDINAIRE ET EXTRAORDINAIRE DU 4 NOVEMBRE 1916

L'examen du bilan de la Société l'Éclairage électrique fait ressortir à l'actif l'augmentation de plusieurs des comptes par rapport à l'exercice précédent, en raison du développement considérable de ses affaires tant en matériel électrique qu'en matériel de guerre. C'est ainsi que les débiteurs divers sont en augmentation de 4 538 751 fr et que les comptes de travaux en cours et magasins passent de 3 332 741 fr à 5 226 360 et de 6 382 269 à 8 370 880 fr. Au passif, les différentes réserves se montent à 2 512 500 sans changement, la réserve légale étant à son maximum.

Les bénéfices nets de l'exercice s'élèvent à 3 659 157 fr et, en y portant le report à nouveau de 1914-1915, il reste à répartir une somme de 3 741 092 fr sur lesquels 2 305 063 ont été attribués à la réserve générale d'amortissement et 55 063 reportés à nouveau. Les actions ont reçu un dividende de 10 pour 100 et les parts de fondateurs 20 pour 100.

Nous résumons, pour celles des usines dont l'activité a été la plus grande, les renseignements donnés par le Conseil.

De grands travaux ont été effectués à l'usine de la rue Lecourbe tant pour la construction du matériel électrique que pour des fabrications de la guerre.

L'usine de la rue Bolivar (Établissements Meng) a développé d'une façon très importante ses affaires pour satisfaire aux besoins des services de la guerre et des Postes et Télégraphes en fils et câbles. Des agrandissements sont en cours d'exécution pour préparer l'emplacement de nouveaux métiers.

L'usine de Colombes a entrepris la fabrication d'articles d'appareillage électrique qui jusqu'ici ne se fabriquaient qu'à l'étranger.

La construction des machines-outils et des groupes électrogènes a été très importante aux ateliers de Choisy (Jaeggé et Cie) et a nécessité la construction de nouveaux ateliers et l'achat de terrains voisins.

BILAN AU 30 JUIN 1916.

Actif.

	fr
Usines	9 643 458,73
Mobilier au siège social et véhicules	1 »
Immeuble, 84, rue de Crimée	100 000 »
Prime de remboursement des obligations	928 984 »
Caisses et banques	5 014 051,92
Portefeuille	2 093 515,78
Effets à recevoir, Clients et débiteurs divers, Cautionnements	15 168 486,83
Travaux en cours	5 226 360,10
Magasins	8 370 880,34
Dépôts de province	470 189,25
	56 947 927,95

Passif.

	fr
Capital	11 635 000 »
Obligations	8 010 000 »
Réserve légale	1 162 500 »
Réserve générale d'amortissement	800 000 »
Réserve spéciale	500 000 »
Réserve pour débiteurs douteux	150 000 »
Coupons à payer, Actions et obligations	364 148 »
Créditeurs divers et provision pour impôts, Fournisseurs, Effets à payer	20 695 187,09
Solde reporté du compte de profits et pertes 1914-1915	81 935,59
Profits et pertes (1915-1916)	3 659 157,09
	56 947 927,95

Deux Assemblées générales extraordinaires ont suivi cette première Assemblée, dont l'une a vérifié la déclaration de souscription et de versement relative à l'augmentation du capital de 11 635 000 fr à 15 000 000 fr à laquelle il avait été procédé au cours de l'exercice : la seconde Assemblée générale a donné ensuite pouvoir au Conseil pour augmenter, lorsqu'il le jugerait utile, le capital de 15 000 000 fr jusqu'à 25 000 000 fr en une ou plusieurs fois.

Digitized by Google

Revues, analyses et informations

Les problèmes de la démobilisation.

Bien qu'il soit certainement prématuré de penser qu'une démobilisation partielle de nos armées puisse être envisagée comme prochaine, il ne semble cependant pas inutile de réfléchir aux problèmes multiples et complets qui seront posés par le renvoi à leurs foyers, souvent détruits, de centaines de milliers de travailleurs.

M. Max d'Hauterive étudie dans l' « Information Universelle » suivant quel plan on pourrait assurer du travail à toutes les catégories de mobilisés.

Il entrevoit deux périodes de travaux, en posant comme condition primordiale la rénovation de toutes nos méthodes administratives aussi bien que de tous nos systèmes industriels, agricoles, économiques.

La première période serait celle des grands travaux, rétablissement des voies ferrées et ouvrages d'art, approfondissement de la Seine, élargissement de ses écluses et leur aménagement électrique, enfin production intensive et même surproduction des matières premières, cette surproduction devant faciliter les rapports entre patrons et ouvriers en maintenant le régime des hauts salaires, dont il serait puéril d'espérer le retour aux taux d'avant la guerre dans un avenir prochain.

Cette production abondante de matières premières permettrait d'aborder la seconde période de travaux qui sera celle de l'aménagement industriel et agricole des régions ayant souffert de l'invasion.

Puisqu'il s'agit du Nord, on devra envisager les réalisation de gigantesques mines-usines où le charbonnage deviendra le centre d'une cité comprenant usine à gaz, usine électrique, usine de récupération des sous-produits, fours électriques, etc.

La vie agricole devra aussi être renovée par la création de ces groupements coopératifs permettant d'obtenir les larges crédits et les grandes productions, que les électriciens, qui ont étudié les applications du courant aux travaux des champs, connaissent bien pour être la seule solution pratique de la question.

L'auteur ne prétend d'ailleurs qu'à donner une esquisse indicative des grands problèmes posés, mais leur seule énumération fait ressortir à quelles études minutieuses ils doivent dès maintenant donner lieu.

Le concours important de l'État est indispensable dans des entreprises d'une telle envergure, mais ce que nous devons surtout souhaiter, c'est que la plus grande largeur de vue, dégagée de toutes les routines, préside à ces organisations qui poseront les bases de la vie économique des générations futures.

La manutention et l'exportation des charbons dans les ports britanniques.

L'organisation des ports charbonniers britanniques, dont quelques-uns sont justement célèbres, est exposée par M. Daniel Bellet dans l' « Économiste français » (1) et, ce sujet est spécialement d'actualité à l'heure présente où nous avons plus que jamais besoin des charbons anglais. On a estimé qu'il ne suffisait point de posséder des grues à vapeur, hydrauliques ou électriques, susceptibles de descendre dans les flancs et les cales des bateaux charbonniers, des bennes que les ouvriers remplissent à la pelle et qui sont déversées ensuite dans les wagons en attente; quand les quantités de houille à transborder, charger et à décharger sont très élevées, on a possibilité économique et avantage pécunier à créer des installations de grand débit et de grandes dimensions, soit absolument fixes, soit pouvant se déplacer mécaniquement le long des quais. Les houillères d'Angleterre sont reliées avec les différents ports par des lignes ferrées sur lesquelles circulent constamment une armée de wagons à charbons spéciaux ; ils présentent tous cette particularité de répondre à un versement automatique, soit que, munis à leurs extrémités de portes, ils permettent au charbon de s'écouler quand le wagon est incliné suivant une certaine pente, soit qu'ils présentent, ce qui est plus rare, des treuils à leur partie inférieure, ou enfin qu'ils soient faits pour venir sur des appareils de soulèvement et de renversement qui permettent de retourner le wagon presque complètement et de le vider d'un seul coup.

Dans les grands ports charbonniers, ces appareils de manutention et de déversement des wagons sont extrêmement nombreux puisque à Hull, par exemple, il y a au moins une quarantaine de ces dispositifs pouvant répondre à une manutention à l'heure de 15000 t de combustible ; depuis le commencement de la guerre, ce matériel de déchargement a été puissamment développé, puisque dans ce même port de Hull on a monté des appareils de manutention ayant une capacité normale de 5000 t supplémentaires.

L'auteur termine son étude en signalant les avantages que présente l'emploi, de plus en plus répandu dans les ports anglais et américains, de courroies porteuses qui peuvent être aisément commandées au moyen de l'électricité.

(1) *L'Économiste français*, samedi 20 janvier 1917, n° 3 page 69.

Digitized by Google

SECTION DE LÉGISLATION

Comment peut-on juridiquement installer des conducteurs électriques sur les terrains des tiers pour relier une usine de production aux endroits d'utilisation

La jurisprudence des « droits de passage » sur les terrains privés est particulièrement délicate, comme il ressort de quelques arrêts rendus au préjudice de Sociétés de distribution qui excipaient cependant de contrats bien en règle avec les propriétaires. Pour faire comprendre la contradiction apparente de beaucoup de jugements, l'auteur indique et commente certains droits que l'on peut invoquer pour ou contre une convention qui concerne, par exemple, l'implantation de poteaux électriques sur une propriété; ce sont : l'usufruit, le droit d'usage, le droit d'habitation, le droit de superficie, les servitudes, etc.

Il est rare de trouver des terrains suffisamment vastes et assez industriellement utilisables, pour que l'on puisse installer une usine d'utilisation (tissage, électrochimie, etc... à côté d'une usine de production de courant; le propriétaire des deux usines est obligé de les relier entre elles, en empruntant soit le terrain public d'une route, ce qui peut l'obliger souvent à faire de nombreux et dispendieux détours, soit des terrains privés sur lesquels il doit acquérir des « droits de passage » pour fils conducteurs; nous voudrions aujourd'hui définir, d'après la jurisprudence, ce droit tout spécial, qui intéresse encore plus les Sociétés de distribution qui ont souvent multiplié les conventions de cette nature.

Est-ce une question de théorie pure, une sorte de querelle d'école sans portée pratique, destinée seulement à réjouir le byzantinisme de quelques jurisconsultes modernes? On serait tenté de le croire et de dire: « A quoi bon la poser, puisque j'ai un contrat bien en règle avec chacun des propriétaires intermédiaires qui m'ont donné la facilité d'établir mes conducteurs? J'ai payé ce droit, j'ai même fait transcrire et enregistrer mon titre; jamais on ne viendra m'inquiéter. »

Hélas! il suffit de lire deux décisions de justice; l'une de la Cour d'appel de Pau, du 14 février 1912, l'autre du Tribunal civil de Marmande du 6 mars 1913, pour voir que la question s'est présentée en justice et qu'elle tendait purement et simplement à l'enlèvement des poteaux indispensables à l'utilisation d'un courant électrique produit à grands frais : elle mérite donc d'être étudiée.

Généralement, quand le propriétaire de l'usine de production est prudent, il prend soin de faire un contrat bien en règle, dans lequel il écrit que, moyennant une somme une fois donnée, de 10 fr par exemple, il aura le droit « de placer un poteau dans la propriété du sieur X..., ce droit comprenant celui de faire passer, au-dessus de cette propriété, les fils accrochés au poteau, et allant de l'usine de... au village de... etc ».

Nous ne parlerons pas des distributeurs imprudents qui croient réaliser une affaire merveilleuse, en économisant cette petite somme, et se contentent d'une autorisation non rétribuée. Ceux-là s'exposent à toutes les conséquences de leur témérité, notamment à voir un jour le propriétaire leur retirer son consentement bénévole, qui, comme il était gratuit, c'est-à-dire sans contrepartie, est toujours susceptible d'un retrait ex abrupto.

Mais, nanti d'un acte enregistré et transcrit, le distributeur est-il absolument tranquille ?

Le tribunal de Marmande vit arriver, le 6 mars 1912, deux plaideurs devant lui : le premier était la Compagnie d'Énergie électrique du Sud-Ouest qui avait passé, le 10 juin 1912, avec un sieur Lavigne, un acte sous signatures privées, enregistré et transcrit, par lequel celui-ci avait promis, moyennant la somme de 10 fr par support, de laisser la Compagnie placer dans son terrain huit poteaux en ciment armé; et elle se plaignait que son co-contractant, refusant la somme convenue, l'empêchât de se livrer aux implantations consenties.

Le second plaideur n'était autre que Lavigne lui-même qui demandait à son tour la rescision, c'est-à-dire l'annulation de la vente par lui consentie, donnant comme motif ce que l'on appelle en droit la *lésion de plus des sept douzièmes*; on sait qu'en vertu de l'article 1674 du Code civil « si le vendeur a été lésé de plus des sept douzièmes dans le prix d'un immeuble, il a le droit de demander la rescision de la vente ». Pour réussir dans sa demande, il faut que le plaideur prouve qu'en réalité, en tenant compte de l'état dans lequel se trouvait son immeuble au moment de l'acte, il a vendu 10 fr, ce qui aurait valu plus que :

$$10 + \frac{7 \times 10}{12} = 15{,}80 \text{ fr.}$$

Digitized by Google

Sans doute, le sieur Lavigne n'entendait pas plaider la discussion de ce chiffre ; nous supposons, tout au moins, qu'il devait s'apprêter à soutenir devant le tribunal le raisonnement suivant : moyennant 10 fr que je me suis fait promettre, j'ai aliéné une petite surface de terrain ; mais j'ai grevé mon immeuble d'une charge consistant à laisser passer les fils que l'électricien m'a imposés ; en comparant la somme que je recevrai et la lourde obligation que je dois, je trouve une lésion considérable.

Comme on le verra plus loin, dans le texte du jugement, le tribunal n'a pas laissé le procès s'engager sur ce terrain, puisqu'il a estimé que le contrat intervenu ne constituait pas en réalité une vente.

Et nous regrettons que le procès ait pris une autre voie : il eût été intéressant de savoir si l'on peut, dans l'appréciation de la lésion des sept douzièmes, discuter le prix que l'on a accepté, en faisant entrer en ligne de compte les charges que contient le contrat.

Quand il s'agit de chiffrer la diminution de valeur d'une terre, on est généralement obligé de considérer ce qui a été accepté par les propriétaires des terrains de même nature et, dans la région, il est plus que probable que les contrats copiés sur celui de Lavigne étaient nombreux ; il aurait été probablement difficile aux experts de donner une base précise à une dépréciation provenant de ce chef.

D'une façon générale, nous serions peu disposé à nous préoccuper d'une instance basée sur les articles 1674 et suivants du Code civil, en matière d'implantation de poteaux : tout d'abord le danger qui menace le distributeur — à supposer qu'il existe — ne dure jamais bien longtemps : en effet l'article 1676 déclare que la demande n'est plus recevable après l'expiration de deux années à compter du jour de la vente ; enfin, en supposant admise l'action en rescision, l'acquéreur ne doit pas être considéré comme absolument obligé de déguerpir : au contraire, l'article 1681 lui donne le choix ; ou de rendre la chose, en retirant le prix qu'il en a payé, ou de garder le fonds en payant le supplément du juste prix, sous la déduction du dixième du prix total. D'après un vieux proverbe, toute erreur qui se répare par de l'argent n'est pas mortelle, et on ne verrait pas une ligne tomber brusquement, comme cela se produirait, par exemple, si l'on avait placé des poteaux sans faire au préalable le moindre contrat.

Pourquoi donc le tribunal civil de Marmande a-t-il rejeté l'application de la théorie de la lésion de plus des sept douzièmes ?

Tout simplement, parce qu'il a estimé que le contrat qu'on lui soumettait n'était point en réalité une vente : après l'avoir analysé pour en définir le réel caractère, il a décidé que la convention intervenue n'avait pu constituer sur la propriété du sieur Lavigne qu'un droit tout spécial, que l'on appelle dans le Code civil *un droit d'usage*.

Bien peu de personnes connaissent, même de nom, ce droit tout particulier et le confondent souvent avec l'expression courante de l'usage, *c'est-à-dire la faculté de jouir d'une chose*, en vertu d'un droit assez mal défini qui n'est pas un droit réel.

C'est une erreur.

Notre législation, copiant en cela la législation romaine, a admis d'abord *la propriété comme base de tout droit réel*, et ensuite certains *démembrements* de la propriété qui constituent d'autres droits réels.

Le plus connu de tous ces démembrements est l'*usufruit*, qui permet à une personne de jouir d'un bien immobilier, d'en recueillir tous les fruits, comme le ferait un réel propriétaire ; mais cette jouissance n'est pas perpétuelle, elle doit finir avec la vie de l'usufruitier, pour revenir alors au propriétaire qui n'aura plus un droit purement théorique, mais pourra, au contraire, profiter complètement de l'immeuble dont il était seulement le titulaire.

A côté de l'usufruit, se classent deux autres droits réels qui sont appelés, par le Code, le droit d'*usage* et le droit d'*habitation* (articles 625 et suivants du Code civil).

Sans entrer dans des détails juridiques qui seraient complètement oiseux, nous dirons seulement que ces deux droits constituent des usufruits restreints : celui qui a sur un fonds un simple droit d'usage, ne peut jouir de ce fonds que dans la mesure où cela lui est personnellement utile ; il pourra, par exemple, y faire des récoltes pour subvenir à ses besoins, tandis qu'au contraire l'usufruitier a le droit de prendre pour lui tout ce que produit le fonds, et de vendre tout ce qui lui est inutile : il peut même aliéner son droit d'usufruit tout entier au profit d'un tiers et en toucher le prix. Le droit d'habitation est exactement la même chose que le droit d'usage, mais s'applique seulement à une maison, dans laquelle le bénéficiaire du droit peut habiter lui-même et par sa famille, sans pouvoir la louer à des tiers.

Ces simples définitions semblent bien être en opposition, au moins théorique, avec le droit de planter des poteaux sur un sol.

Il nous paraît assez difficile de dire qu'une Société de distribution qui implante un pylône sur une propriété privée doit être assimilée à cet usufruitier restreint que le Code civil appelle un usager, et cette assimilation serait même singulièrement gênante si la Société voulait vendre ses droits, puisque l'article 631 du Code civil déclare en termes formels que la vente du droit d'*usage* est interdite.

Il nous paraît certain que le Tribunal de Marmande a confondu le droit d'usage avec un autre démembrement du droit de propriété qui, s'il n'est pas expressément mentionné sous son vrai nom dans le Code civil, n'en est pas moins considéré par la jurisprudence comme existant d'une façon formelle dans notre législation : *c'est le droit de superficie* ; tous les auteurs s'accordent à dire que ce droit n'a pas disparu de la loi française, qu'il y est même écrit en toutes lettres dans l'article 553 du Code civil : « Toutes constructions sur un terrain sont présumées faites par le propriétaire et lui appartenir si le contraire n'est prouvé. » Or, comme le fait

Digitized by Google

très bien remarquer Planiol (tome I, n° 2 525), *le droit de superficie*, c'est le droit d'être propriétaire de la construction, indépendamment de la propriété du sol, s'il est prouvé que cette construction appartient à un autre que le maître de ce sol. Ce droit de superficie est de sa nature perpétuel, comme le droit de propriété ; la Cour de Cassation l'a affirmé dans un arrêt du 16 décembre 1873 (affaire Cart contre le domaine de l'État ; Dalloz, 1874, I, 249 ; la doctrine déclare que ce droit réel, immobilier et susceptible d'affectation hypothécaire, doit être transcrit (voir le commentaire de la loi du 23 mars 1855, art. 1er, n° 29, Code civil annoté de Dalloz, t. IV, 2e partie, p. 1 724).

On comprend donc que ce droit s'applique admirablement à l'acte intervenu entre Lavigne et la Compagnie d'Energie électrique du Sud-Ouest.

Cette théorie est d'autant moins surprenante qu'elle a déjà été admise dans plusieurs affaires qui ressemblent étrangement à celle qui était soumise au Tribunal de Marmande ; ainsi, par exemple, par jugement du 25 juillet 1911, le Tribunal de la Seine a parfaitement reconnu la Ville de Paris seule propriétaire des colonnes montantes placées dans les murs des maisons parisiennes en vertu d'accords intervenus autrefois entre elle et les propriétaires de ces maisons ; elle a rejeté toute la théorie qui était présentée par ces propriétaires pour faire admettre qu'ils avaient englobé ces colonnes montantes, soit parce qu'elles constitueraient des immeubles par destination (ce qui est évidemment insoutenable), soit parce qu'en vertu de l'accession elles seraient noyées et fondues dans leurs immeubles.

On voit donc qu'il n'y a rien d'étrange à ce qu'un distributeur d'énergie soit propriétaire d'un pylône implanté dans l'immeuble d'autrui, cet objet conservant une individualité distincte au regard même du terrain qui le porte [1].

II. — Le maintien du poteau de distribution dans la propriété d'un tiers pourrait-il être exigé *à titre de servitude?*

Tout d'abord, cette question a-t-elle son utilité?

A première vue, on ne le croira pas, puisque, si nous admettons par hypothèse que l'implantation des conducteurs est susceptible d'être établie par écrit, à titre de droit de superficie, ou même à la rigueur, comme l'a déclaré le tribunal de Marmande, à titre de droit d'usage, c'est presque de la surérogation que d'examiner si elle peut encore avoir lieu à un autre titre.

Mais rappelons immédiatement que certaines servitudes peuvent être révélées sans qu'il ait été passé un écrit, et il est intéressant de se rappeler ce principe, lorsque l'on se trouve dans un cas où, par une négligence ou une impossibilité quelconque, un titre n'a pas été créé. C'est précisément l'hypothèse que la Cour d'appel de Pau, dans un arrêt du 14 février 1912 (Sirey 1912, II, 249), vient de juger.

L'instance se présentait dans les conditions suivantes :

Le 15 janvier 1902, un sieur Mazères, propriétaire de l'usine de Bidos, avait formé avec ses trois fils une Société pour la fabrication des couvertures ; à cette Société, il apportait la jouissance de l'usine, mais en conservait la propriété ; dans la suite, il acquérait personnellement une autre usine dite de Socix et, désireux de profiter d'une chute d'eau considérable qui y était contenue, il la transforma en une usine génératrice d'électricité ; il relia enfin les deux usines par un câble si bien que la première usine devint tributaire de la seconde à laquelle elle empruntait toute son énergie.

[1] Nous donnons ci-dessous le texte même de la décision du 6 mars 1913, rapportée dans la « Gazette du Palais » du 8 avril 1913, au moins dans les parties qui sont intéressantes :

Attendu qu'il ne paraît pas possible de considérer le contrat du 10 juin 1912 comme un acte de vente ainsi que le soutient Lavigne ; que rien dans ce contrat n'indique la volonté d'opérer un transport de propriété ; qu'il est parlé simplement d'autorisation et que la Société stipule que les autorisations accordées profiteront à ses ayants droit, stipulation inutile et incompréhensible s'il s'agissait d'une vente ;

Attendu au surplus qu'il ressort des termes mêmes du contrat que l'autorisation d'implanter des pylônes et de faire passer des fils aériens est, dans sa durée et dans son efficacité, étroitement subordonnée au fonctionnement et à l'exploitation de la ligne électrique et qu'il n'est pas douteux qu'en cas d'enlèvement des appareils Lavigne rentrerait de plein droit en possession des parcelles de sa propriété couvertes par les pylônes ; que ce résultat rend inadmissible l'hypothèse d'une vente ;

Attendu qu'on ne saurait davantage voir, dans le contrat du 10 juin 1912, la constitution d'une servitude réelle qui, seule, pourrait peut-être, ainsi que la vente, rendre recevable l'action en rescision pour cause de lésions de plus des sept douzièmes ; que, si l'on aperçoit très bien le fonds servant dans la propriété de Lavigne, il n'est pas possible de considérer une entité juridique telle que la Société d'Energie électrique du Sud-Ouest, comme le fonds dominant, que s'il est admis qu'une servitude réelle peut être imposée à un fonds dans l'intérêt d'une industrie ou d'un commerce exercé sur un autre fonds, encore faut-il que cette servitude soit établie sur un fonds immobilier déterminé au profit d'un autre fonds spécialement indiqué ; que tel n'est pas le cas ;

Attendu, dès lors, que le droit résultant du contrat litigieux semble n'être qu'un droit d'usage, c'est-à-dire une servitude personnelle établie au profit d'un individu ou d'une personne morale, qui rend inutile l'existence d'un fonds dominant ; que cette servitude est toujours indéterminée quant à sa durée ; que c'est un contrat aléatoire auquel l'action en rescision ne saurait s'appliquer ;

Attendu, au surplus, que Lavigne, qui a librement signé le contrat qu'il attaque aujourd'hui, n'articule à l'appui de sa demande aucun fait précis et grave de nature à faire présumer la lésion dont il se plaint ; que l'indemnité de 80 fr qui lui est allouée est basée d'après le contrat sur le préjudice résultant de la gêne causée par la pose des pylônes et la privation de jouissance du terrain occupé ;

Attendu que le prix donné par la Société pour l'occupation du terrain par les pylônes est supérieur aux prix de vente des terrains de la région ; que de ce chef encore il n'est pas possible d'apercevoir un préjudice donnant ouverture à l'action en rescision pour cause de lésion ;

Par ces motifs — dit que l'article 1 674 du Code civil ne peut s'appliquer au contrat passé le 10 juin 1912 entre les parties ; déclare Lavigne mal fondé dans sa demande..... autorise la Société à placer les huit supports en ciment armé nécessaires à l'établissement de la ligne électrique à la charge de verser immédiatement à Lavigne la somme de 80 fr ; condamne Lavigne aux dépens.

Digitized by Google

Au décès de Mazères père, sa veuve devint propriétaire de l'usine génératrice, dite de Socix, et elle la vendit à un de ses fils qui ne faisait plus partie de la Société exploitant l'usine de Bidos; car cette usine était restée la propriété des deux autres fils Mazères.

On comprend de suite le procès; Jean Mazères, propriétaire de Socix, demanda à ses deux frères, Etienne et Félix, propriétaires de Bidos, de lui payer une redevance pour la fourniture d'énergie électrique sous menace de la supprimer; comme il n'y avait pas eu d'écrit au moment du partage de la succession paternelle, la question devenait assez embarrassante : tout le monde sait que des servitudes — quand elles sont bien des servitudes — peuvent être créées par destination du père de famille; elles peuvent être alors maintenues sans écrit, pourvu qu'elles soient révélées par un signe apparent. Or, dans l'affaire litigieuse, il existait évidemment un signe des plus apparents : c'était le câble de transmission reliant les deux usines. Toute la question était donc de savoir, et c'est là ce qui est particulièrement intéressant, si, d'après les règles du droit, les deux usines pouvaient être reliées par une servitude.

On n'oubliera point que, pour que la servitude existe en droit, c'est-à-dire pour qu'elle puisse s'imposer d'acquéreur en acquéreur et à tout détenteur du fonds, il faut qu'il y ait une charge imposée à un fonds au profit d'un autre; c'est ce que les vieux auteurs appelaient si justement le « service *foncier* » pour bien indiquer que la charge existant au profit d'un fonds ne doit pas être confondue avec une obligation imposée *personnellement* au propriétaire, c'est-à-dire à un homme au profit d'un autre homme : car cela s'appellerait alors un *droit de créance* qui ne survivrait ni au débiteur, ni au créancier. Ainsi, par exemple, comme cela a été si souvent jugé, si, dans un acte de vente de ma propriété, je me réserve le droit de réclamer à mon acquéreur la faculté de faire presser du raisin au pressoir de l'immeuble aliéné, je ne constitue pas un droit réel, car le profit ou l'avantage qui est spécifié ne regarde point un autre fonds, mais simplement moi-même; il disparaîtra avec moi (Cassation, 23 mars 1908, affaire Hébert-Mousset; Sirey, 1909, I, 111; Dalloz, 1908, I, 280).

De même, ne constitue qu'une obligation de faire et non pas un droit réel, l'obligation que, dans un acte de transaction, une personne impose à elle-même, à ses héritiers, à ses acquéreurs éventuels, de n'employer que des pierres de taille pour la reconstruction de la façade de son immeuble, parce que cette suggestion à laquelle elle se soumet ne peut pas être utile à un autre immeuble : peut-être sera-t-elle agréable au propriétaire d'un immeuble voisin, à cause de l'harmonie qui existera alors dans tout le quartier [1], mais elle ne rend audit immeuble aucun service foncier (arrêt du 15 novembre 1900, Duriez et autres contre Coutain; Sirey, 1911, I, 200; Dalloz, 1911, I, 327).

En un mot, comme le dit très exactement la Cour de Cassation, il faut que les services établis ne soient imposés ni à la personne, ni en faveur de la personne, mais seulement à un fonds et pour un fonds. (Cassation, 30 avril 1908, affaire Chertier-Renaudin; Dalloz, 1908, I, 419).

Il ne viendra à l'esprit de personne de discuter de pareils principes.

Mais, après les avoir rappelés, quelques jurisconsultes, trop portés à généraliser, ont tiré cette conséquence étonnante qu'il n'y aura plus servitude du moment que le titre d'établissement aura prévu le fait de l'homme; d'après eux, il faudrait admettre que le service foncier ne sera réellement rendu par un fonds à un autre fonds, que si la volonté humaine ne doit en aucune façon avoir à intervenir.

Nous n'hésitons point à dire que c'est aller trop loin, et que la jurisprudence de la Cour Suprême, maintes et maintes fois, a écarté cette solution extrême; si l'on doit considérer comme vrai qu'il n'y a point servitude quand c'est une personne qui doit une obligation à une autre personne, s'il est vrai qu'il faut au contraire qu'un fonds appelé « fonds servant » doive quelque chose à un autre fonds appelé « fonds dominant », il serait absolument abusif de dire que la nécessité d'une intervention humaine mentionnée dans un titre fait évanouir le caractère du droit réel : pourvu que le juge constate bien qu'à la base du contrat une relation formelle existe entre les deux fonds, cela suffit; car on ne saurait méconnaître que le Code civil a dérogé très profondément au système du droit romain, d'après lequel le rôle du propriétaire du fonds débiteur devrait être purement passif; sans doute, cela reste vrai dans le droit français à défaut de toute clause contraire; si, par exemple, il a été convenu qu'un fonds doit fournir du bois à l'exploitation d'un autre fonds, cela signifie que le propriétaire du fonds servant est tenu seulement de laisser couper le bois, mais qu'il ne peut pas être astreint à faire lui-même la récolte de ce bois pour l'apporter au propriétaire du fonds dominant.

Mais, si c'est bien vraiment les deux fonds qui sont en dépendance l'un de l'autre, il ne saurait être interdit de prévoir une intervention du propriétaire du fonds servant; la jurisprudence est même allée très loin dans la voie contraire; un arrêt de la Chambre des Requêtes du 22 février 1881 (affaire époux Benoist contre ville de Moret-sur-Loing; Sirey, 1882, I, 111; Dalloz, 1881, I, 406), décide qu'un usinier, propriétaire d'un fonds débiteur d'une servitude de conduite d'eau, peut valablement avoir été chargé dans le titre constitutif, non seulement d'établir le canal d'amenée, mais encore de prendre toutes les mesures nécessaires, pour que, jour et nuit, le lavoir du fonds dominant soit pourvu d'une quantité d'eau claire et nette.

Enfin, un autre arrêt de la Chambre des Requêtes du 6 juillet 1871 (Sirey, 1875, I, 108) a considéré comme servitude réelle la charge imposée, à un fonds constitué par un moulin, de moudre le grain nécessaire au fonds voisin. De même, un arrêt du 9 janvier 1901 (affaire Mines de Graissessac contre Verreries de Carmaux; Sirey, 1901, I, 169; Dalloz, 1901, I, 150) déclare que

[1] Il s'agissait dans l'espèce de la Cité Trévise à Paris.

Digitized by Google

« réunit toutes les conditions d'une servitude réelle, le droit attribué à une verrerie de prendre dans une mine actuellement exploitée le charbon nécessaire à son fonctionnement au prix invariable de 0,50 fr par 100 kg, ce droit étant réduit à la consommation de trois fours ».

Or, il est évident que le moulin ne peut marcher tout seul, de même que le charbon ne peut se trouver sur le carreau de la mine, sans que la main de l'homme y ait contribué : de plus, exagérer le principe de la non-intervention de l'homme, ce serait s'insurger contre les articles 697, 698, 699 du Code civil, qui prévoient formellement qu'un travail pourra être fait soit par le débiteur de la servitude, soit par le titulaire du droit.

C'est certainement pour ces motifs que la Cour d'appel de Pau a repoussé le moyen que lui présentait avec insistance le fils Mazères, devenu, en qualité d'acquéreur de sa mère, le propriétaire unique de l'usine génératrice du Socix. Celui-ci, pour réclamer le droit de supprimer la transmission du courant ou d'exiger une redevance, soutenait la thèse qu'il ne pouvait y avoir destination du père de famille là où il n'y a pas réellement servitude : « Ce que me demandent mes frères, disait-il, c'est que j'entretienne toujours une chute d'eau comme source d'électricité, et que, par conséquent, je fasse personnellement moi-même un acte en leur faveur. Et si l'on envisage le fait personnel, la caractéristique du droit réel disparaît. » La Cour de Pau n'avait qu'à répondre, et en fait elle a répondu qu'il y avait deux fonds, tous les deux spécialisés dans une production industrielle : or le service foncier que peuvent se rendre deux fonds n'est pas limité par la loi aux droits fréquents et de banalité courante, de passage, d'aqueduc, etc..., mais ils peuvent parfaitement se rendre l'un à l'autre des services industriels, conformes à la nature de chacun [1]. Nous adoptons donc complètement la théorie de l'arrêt de la Cour et de la note très juridique et très complète qu'a fait paraître, dans le Recueil de Sirey (1912, II, 250), M. Julien Bonnecase, professeur agrégé à la Faculté de droit de Grenoble.

Au Sénat, dans une discussion qui a de nombreux points communs avec la question que nous avons étudiée ci-dessus, M. Boivin-Champeaux a soutenu également cette thèse qui est la nôtre : il importe peu que l'usine et le point d'utilisation soient éloignés l'un de l'autre, car une servitude peut très réellement être constituée sur des fonds intermédiaires, encore que l'espace qui les sépare soit très étendu. Il s'agissait de savoir si, légalement, la loi en discussion, qui portait sur l'établissement des chutes d'eau du domaine public, pouvait autoriser, moyennant une indemnité, l'établissement d'un long canal entre le barrage de prise et l'usine hydro-électrique : et le Sénat a parfaitement suivi M. Boivin-Champeaux (voir l'*Officiel* du 7 mars 1913, page 180) contre la théorie contraire qui était défendue par M. Chastenet.

Pour conclure, nous dirons : en pratique, afin d'éviter toute discussion, nous préférons encore que les contrats de droit de passage pour les conducteurs à installer sur les terrains des particuliers soient libellés sous la forme de l'acte de vente de la surface nécessaire pour l'implantation du poteau, tant l'étrange théorie de la lésion de plus des septdouzièmes nous paraît en pratique difficile à faire triompher et, par conséquent, peu redoutable. Toutefois, si les contrats ont été passés dans la forme d'une autorisation payée, nous déclarons que le titre — pourvu qu'il soit enregistré et transcrit — nous donne tout apaisement, puisque dans l'avenir il reste perpétuellement imposable aux tiers.

Paul Bougault,
Avocat à la Cour d'Appel de Lyon.

(1) Le plus récent arrêt que nous connaissions sur les servitudes, considérées comme charges réelles d'un fonds, est celui du 16 novembre 1914 de la Chambre des requêtes, rapporté dans la « Gazette des Tribunaux » du 20 novembre 1914 avec le sommaire suivant : « On doit considérer comme une servitude réelle l'obligation imposée au preneur d'un moulin de faire moudre toujours à l'avenir et gratuitement tous grains nécessaires tant pour le propriétaire du domaine quand il l'habitera, que pour le fermier qui l'exploitera. » Le droit de mouture n'est pas en effet établi au profit personnel du constituant et, d'autre part, il importe peu que le meunier soit obligé de fournir un travail personnel pour moudre, cette obligation n'étant qu'un accessoire de la stipulation principale (Rejet d'un pourvoi contre arrêt de la cour de Riom du 15 mai 1913).

Législation, jurisprudence

Décret relatif au règlement de différends collectifs entre patrons et ouvriers libres de toute obligation militaire, dans les établissements, mines et exploitations privées, travaillant à la fabrication des armements, munitions et matériels de guerre.

Par décret du ministre de l'Armement en date du 17 janvier, inséré au « Journal officiel » du 18 janvier 1917, p. 580, dont nous donnons ci-dessous le texte complet, il a été institué pour chaque région industrielle des commissions permanentes de conciliation et d'arbitrage auxquels le recours est obligatoire en cas de différends collectifs entre employeurs et ouvriers des fabrications de l'armement, des munitions et matériels de guerre.

Art. 1er. Les patrons et les ouvriers et employés des établissements, usines et exploitations privés travaillant à la fabrication des armements, munitions et matériels de guerre, lorsque se produit entre eux un différend d'ordre collectif portant sur les conditions du travail, ne peuvent ni rompre le contrat de travail, ni arrêter ou cesser le travail avant d'avoir soumis les questions qui les divisent à la conci-

Digitized by Google

liation et à l'arbitrage tels qu'ils sont organisés dans les articles qui suivent.

ART. 2. — Il est institué par les soins du ministre de l'Armement, dans chacune des régions qu'il fixera à cet effet, un comité permanent de conciliation et d'arbitrage composé en nombre égal d'au moins deux représentants des patrons et deux représentants des ouvriers, les uns et les autres non mobilisables.

ART. 3. — Le différend collectif se constate par la déclaration qu'en fait au contrôleur de la main-d'œuvre soit le patron ou son représentant, soit un ouvrier porteur d'une procuration signée sur papier libre par au moins vingt autres ouvriers.

ART. 4. — Le contrôleur de la main-d'œuvre saisit le comité de conciliation et d'arbitrage prévu à l'article 2 et avertit le ministre de l'Armement, qui désigne son représentant auprès de ce comité pour l'affaire.

Le comité se réunit à la mairie de la localité dans le plus bref délai, il entend les parties une ou plusieurs fois et, s'il n'obtient pas d'elles un accord de conciliation, il prononce, dans les vingt-quatre heures après la dernière audition des parties, une sentence arbitrale qu'il consigne dans un procès-verbal signé de tous les arbitres.

ART. 5. — Si l'accord ne s'établit pas entre les arbitres pour cette sentence, ils désignent un ou des arbitres départiteurs. Si l'accord ne s'établit pas pour cette désignation, le ministre de l'Armement a la faculté ou de les désigner d'office, ou d'évoquer l'affaire devant lui.

ART. 6. — Le ou les arbitres départiteurs, convoqués sans délai par le contrôleur de la main-d'œuvre, entendent les arbitres et les parties. Ils ont vingt-quatre heures à partir de cette audition pour consigner leur sentence dans un procès-verbal.

La décision arbitrale prévue respectivement aux articles 4 et 5 devient exécutoire, aussitôt qu'elle est homologuée par les soins ou par ordre du ministre de l'Armement et affichée dans les ateliers par les soins du patron ou, à son défaut, par les soins du contrôleur de la main-d'œuvre aux frais du patron.

ART. 7. — Dans les cas où il aura évoqué l'affaire, la décision du ministre est publiée et devient exécutoire dans la même forme.

ART. 8. — Si le patron refuse de se conformer à la décision arbitrale, l'établissement industriel est mis en réquisition par application des articles 58 et 60 de la loi du 3 juillet 1877, modifiée par les lois des 5 mars 1890, 17 juillet 1898, 17 avril 1901, 27 mars 1906 et 23 juillet 1911.

ART. 9. — Si la sentence arbitrale ordonne le paiement aux ouvriers, par application du décret du 10 août 1899, de sommes quelconques à titre de suppléments de salaires ou autrement, et si le patron refuse de s'y conformer, le personnel administratif de l'établissement industriel est mis, en vertu des mêmes dispositions que ci-dessus, en réquisition à l'effet d'effectuer les versements nécessaires.

Les sommes à verser sont avancées par les soins du ministère de l'Armement, pour être ensuite retenues sur les sommes dues au patron par l'État.

ART. 10. — Si des ouvriers refusent de se conformer à la décision arbitrale, ils sont mis en état de réquisition par application de l'article 5, paragraphe 8, ou des articles 58 et 60 de la loi du 3 juillet 1877 précitée.

ART. 11. — Chaque fois qu'un contrôleur de la main-d'œuvre est saisi d'une déclaration de différend collectif, il en donne immédiatement avis à l'autorité militaire régionale.

Par les soins de cette autorité militaire, tout le personnel dirigeant administratif et ouvrier de l'établissement industriel est, à partir de la déclaration du différend jusqu'à l'affichage de la sentence arbitrale, mis en réquisition pour, chacun en ce qui le concerne, maintenir l'ordre et la continuité de la production conformément aux articles 58 et 60 de la loi du 3 juillet 1877 modifiée par les lois des 5 mars 1890, 17 juillet 1898, 17 avril 1901, 27 mars 1906 et 23 juillet 1911.

ART. 12. — Les prescriptions de la sentence arbitrale rendue pour un ou plusieurs établissements, ou pour une ou plusieurs catégories ouvrières, pourront, par décision du ministre de l'Armement, être rendues applicables, dans la même région, à tout ou partie des autres établissements ou des autres catégories professionnelles qui se trouveraient dans des conditions comparables.

ART. 13. — Les dispositions du présent décret ne s'appliquent pas aux mobilisés, dont les conditions de travail continuent d'être fixées, comme précédemment, par les soins du contrôle de la main-d'œuvre, par égalité avec les conditions normales et courantes de leur spécialité professionnelle dans la région.

Projet de loi sur les avances remboursables.

Dans le numéro du 6 janvier de cette Revue, nous signalions, page 40, un rapport de M. Milliès-Lacroix au Sénat proposant certaines modifications au projet de loi sur les avances remboursables, adopté par la Chambre dans sa séance du 21 avril 1916. Le nouveau projet, adopté par le Sénat, l'a été également par la Chambre, sans modification, dans sa séance du 19 janvier (« Journal officiel », Chambre, p. 114).

D'après l'article premier du projet, les avances pour création ou développement d'outillage peuvent être délivrées, soit aux industriels avec lesquels l'administration de la guerre a passé des marchés, soit à ceux qui fournissent aux titulaires des marchés l'énergie nécessaire à l'exécution des commandes.

D'après l'article 4, le maximum des avances ne pourra dépasser la somme de 1688000000 fr.

Nous reproduisons ci-dessous « in extenso » le passage du rapport de M. Raoul Peret, présenté à la séance de la Chambre du 11 janvier 1917 et qui définit spécialement quels sont les industriels qui peuvent recevoir des avances :

Industriels pouvant recevoir des avances (art. 1er, § 1). — Le projet autorise la délivrance d'avances, soit aux fournisseurs visés par l'article 9 de la loi du 23 septembre 1915, c'est-à-dire à ceux qui ont passé des contrats avec l'État pour les besoins de la défense nationale, soit aux industriels qui concourent indirectement à l'exécution des marchés en fournissant à leurs titulaires l'énergie indispensable à cette exécution. L'honorable rapporteur de la Commission des finances a fait observer que les fournisseurs d'énergie électrique étaient peu nombreux et que la somme des avances que l'État leur avaient consenties ne dépassait pas 13810000 fr., mais qu'un certain nombre de contrats, prévoyant la fourniture d'énergie, était en préparation.

Il est très désirable que l'État puisse faciliter, au moyen d'avances, l'installation de chutes d'eau qui permettront d'intensifier la fabrication du matériel de guerre et qui, à un autre point de vue, pourront, après les hostilités, contribuer au développement de nos industriels.

Mais il demeure bien entendu que, seule cette catégorie d'industriels peut être assimilée aux titulaires des marchés, et que les autres, ceux qui ne concourent pas directement, en vertu de conventions conclues avec l'État, à l'exécution des commandes intéressant la défense nationale, ne sauraient recevoir d'avances en vertu de l'article 1er du projet de loi.

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

1re Année. — Tome I. — N° 6. — 10 Février 1917.

SOMMAIRE. — Le Service des grandes forces hydrauliques. — La théorie élémentaire du magnétisme. — Sur la création d'un Institut de recherches scientifiques par les nations de l'Entente et les pays neutres, p. 201 et 202.

Section scientifique et technique. — Le magnéton, par Pierre Weiss, p. 203. — Théorie élémentaire du magnétisme, par J.-B. Pomey, p. 206. — Revues, analyses et informations : Nouveaux dispositifs pour compteurs d'énergie à courant continu, p. 210; Théorie de la chute de potentiel cathodique, p. 212; Moteurs pour la commande des laminoirs, p. 214.

Section industrielle. — Les accidents de surtension, par J. Sarolea, p. 215. — Connexions de fortune pour transformateurs, par George-P. Roux, p. 220. Règles britanniques d'unification pour les machines électriques, par Ch. David, p. 225 — Revues, analyses et informations : Garanties rationnelles de température pour les grands alternateurs, p. 229; Relèvement des tarifs d'électricité à Amiens, p. 231.

Section économique et financière. — La houille blanche dans les Alpes françaises au début de 1916, par R. de la Brosse, p. 233. — Le cuivre et la guerre, par J. Vichniak, p. 236.

Le Service des grandes forces hydrauliques. — Dans deux notes publiées dans *La Revue électrique*, l'une dans le numéro du 30 janvier 1908, t. IX, p. 42, l'autre dans celui du 14 avril 1911, t. XV, p. 305, nous appelions l'attention de nos lecteurs sur l'importance que présentent les travaux de ce Service au point de vue de l'utilisation de nos richesses hydrauliques. La publication récente du tome VII des publications de ce Service et la reproduction que nous donnons plus loin d'une étude de M. R. de la Brosse qui y est contenue nous engagent à rappeler brièvement ses origines et ses travaux.

Le Service des grandes forces hydrauliques fut organisé, en mars 1903, par le ministère de l'Agriculture pour répondre à un vœu émis par le premier Congrès de la houille blanche dans sa séance plénière du 13 septembre 1902 à Chamonix, et dont voici le texte intégral proposé par M. R. de la Brosse.

Que les industriels, propriétaires ou exploitants d'usines hydrauliques veuillent bien organiser l'étude hydrologique des cours d'eau qu'ils utilisent; qu'ils adoptent des *notations uniformes* conformément au programme qui leur sera transmis par les soins du Syndicat, et *précisent* les conditions dans lesquelles ils auront à effectuer les jaugeages pour en faciliter la comparaison.

Qu'à la fin de chaque année ils en transmettent les résultats au Syndicat des propriétaires et industriels possédant ou exploitant des forces motrices hydrauliques, chargé de centraliser ces renseignements;

Que l'Administration veuille bien, ainsi que cela a déjà été fait en certains pays étrangers :

Affecter à l'étude des forces hydrauliques des crédits suffisants; donner à MM. les ingénieurs des Ponts et Chaussées des instructions pour qu'ils veuillent bien prêter leur concours aux industriels désireux d'étudier les cours d'eau qui les intéressent;

Faire poser le long des principaux cours d'eau des repères d'altitude rattachés au nivellement général de la France;

Publier le résultat de ces études.

Conformément à ce vœu le ministère de l'Agriculture, qui a dans ses attributions la gestion des rivières non navigables ni flottables, c'est-à-dire des rivières qui représentent la presque totalité de celles utilisables par l'industrie, chargea MM. R. Tavernier et R. de la Brosse, ingénieurs en chef des Ponts et Chaussées, d'étudier la région des Alpes, le premier plus spécialement pour la partie de région située au sud de la Durance, le second pour la partie située au nord de cette rivière. Depuis 1909, M. R. Tavernier ayant été nommé inspecteur-général de l'Hydraulique agricole, c'est M. R. de la Brosse qui dirige l'ensemble des travaux dans toute la région des Alpes, du lac Léman au littoral méditerranéen et de la rive gauche du Rhône à la frontière d'Italie, région qui couvre 167 myriamètres carrés et comprend les bassins de 37 cours d'eau. Ajoutons que les études ont été étendues à la région des Pyrénées et à celle du Massif Central.

Le but principal que s'est proposé le ministère de l'Agriculture en créant le Service des grandes forces hydrauliques a été de fournir aux intéressés, pour les principaux cours d'eau de la région susceptibles d'être

Digitized by Google

aménagés industriellement, les deux éléments utiles, débits et hauteurs de chute.

De très nombreux jaugeages ont été effectués et ont permis de connaître le régime des rivières les plus intéressantes. En même temps, le service du nivellement général de la France, dirigé par M. Lallemand, membre de l'Institut, procédait au levé du profil en long des mêmes cours d'eau.

Les résultats des études ont été publiés, année par année, les débits sous forme de tableaux et les profils en long sous forme de pochettes annexées aux tableaux. Il a été publié, en outre, des cartes au 1/50 000 des bassins de l'Isère, de l'Arc, de la Durance, et de certains de leurs principaux affluents, donnant l'emplacement des usines existantes.

Le compte rendu donnant la situation au 31 décembre 1915, forme le tome VII de la collection qui vient de paraître. Il est accompagné d'une pochette de 42 profils en long qui portent à 2500 km la longueur des cours d'eau nivelés. Ce compte rendu est précédé d'un avant-propos, dû à M. de la Brosse, plein d'aperçus ingénieux ; c'est cet avant-propos qui est reproduit pages 233-236.

La théorie élémentaire du magnétisme. — Nous publions plus loin un article de M. J.-B. Pomey sur ce sujet. La note ci-dessous, que nous adresse l'auteur, fait ressortir le point de vue auquel il s'est placé.

« La théorie mathématique du magnétisme a été fondée pendant longtemps sur l'hypothèse des fluides. Les masses de fluide austral et de fluide boréal sont censées agir les unes sur les autres conformément à la loi de Coulomb. Leur distribution une fois déterminée convenablement, on peut faire abstraction de la différence de substance des divers milieux qui les séparent et l'intensité du champ magnétique en un point quelconque est celle qui résulterait de l'action de toutes ces masses sur un pôle unité placé au point considéré, la loi de Coulomb tenant bon dans tous les cas. La notion de masse ainsi introduite est une abstraction mathématique et ce caractère a été nettement mis en évidence par Vaschy.

» Depuis cette époque, la conception de masses magnétiques est revenue par une voie bien différente. Le champ magnétique serait dû au mouvement qu'ont les électrons et les ions qui circulent dans le système planétaire formé par chaque molécule, et l'on a pu constituer une théorie moléculaire du magnétisme qui éclaire un grand nombre de phénomènes. C'est là une brillante application de la théorie cinétique de la matière; pourtant, ce n'est point cette théorie que nous voulons exposer ici; nous nous bornons à envisager la théorie élémentaire : au moins sera-t-elle dégagée de la considération des fluides.

» Nous mettons, au premier plan, à la place des fluides que nous rejetons, la notion d'intensité du champ magnétique. Nous la considérons comme directement accessible à un observateur qui aurait des sens grossiers, tandis qu'il faut la subtilité des sens du démon de Maxwell pour distinguer les mouvements intérieurs des molécules.

» Mais tandis que dans l'air il suffit d'un seul vecteur H pour définir l'état du champ, quand il s'agit au contraire d'un milieu solide, polarisé, l'exploration faite dans des cavités de forme variée, selon la méthode même de sir William Thomson, montre que deux vecteurs H et B sont nécessaires pour définir le champ, La distribution de ces vecteurs est soumise à deux lois expérimentales. 1° On a ; div $B = 0$; et 2° en l'absence de courant : rot $H = 0$,

» Connaissant ces deux propriétés, nous définissons le vecteur I, intensité d'aimantation; puis, nous remontons, par une série de propositions inverses de celles qu'on a l'habitude de considérer dans la théorie des fluides, à la notion même de polarisation, qui sert de point de départ à la théorie de Sir W. Thomson.

» La théorie du magnétisme est alors établie exclusivement sur l'expérience et le raisonnement, conformément aux idées de Vaschy. »

Sur la création d'un Institut de recherches scientifiques par les nations de l'Entente et les pays neutres. — M. Audiffred, sénateur, a soumis au Sénat une proposition de loi ayant pour objet la création d'un Institut de recherches scientifiques par les nations de l'Entente et les pays neutres ; cette institution aurait pour objet de favoriser les travaux des savants relatifs, tout d'abord aux sciences médicales, et en outre à la découverte des lois qui régissent les phénomènes de la nature (mathématiques, mécanique, histoire naturelle, physique et chimie).

Le rapporteur du projet (1) signale que cette proposition apparaît comme le complément d'une autre proposition votée par le Parlement en 1901 et qui avait le même objet, mais applicable à la France seulement.

La caisse de recherches scientifiques qui a distribué de nombreuses subventions pendant ces dernières années aux savants français, avait été constituée à la suite d'un rapport présenté par M. Prillieux, sénateur, membre de l'Académie des Sciences, au nom d'une Commission présidée par l'illustre chimiste Marcellin Berthelot.

Mais il importe de mettre à la disposition des chercheurs des moyens plus grands en élargissant la conception primitive de l'œuvre qui deviendrait une institution presque mondiale pouvant recevoir des dons importants.

(1) Rapport de M. Gentilliez, sénateur, *Journal officiel* du 30 janvier 1917. Sénat, p. 681, Annexe n° 482.

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

Le magnéton

On peut résumer la théorie du magnétisme de Langevin en disant qu'elle représente l'équivalent magnétique de la théorie des gaz ; pour étendre cette théorie aux corps ferro-magnétiques, M. Weiss fait intervenir le champ moléculaire qui, en s'ajoutant au champ magnétique extérieur, rend compte de la forte aimantation de certaines substances. Dans la note développée ci-dessous, qui sert d'introduction à des travaux plus complets, M. Weiss se contente d'énoncer sa loi du magnéton et d'indiquer les résultats qu'elle a donnés, dans le cas de l'aimantation à saturation, pour le fer, le nickel, le ferro-cobalt, etc., etc.

Bien que la plupart des théories du magnétisme soient fondées sur la notion du moment moléculaire et qu'une grande partie des mesures cinétiques usuelles reviennent à déterminer des moments magnétiques, il n'y a pas encore longtemps que l'on est en possession de moments de molécules ou d'atomes. Le principe de leur détermination a été donné pour la première fois par Langevin (1) dans sa théorie cinétique du paramagnétisme. Dans cette théorie, l'application des principes de la mécanique statistique à un gaz dont les molécules, parfaitement indépendantes les unes des autres, possèdent un moment magnétique déterminé permet de retrouver les lois du paramagnétisme et, en particulier, la loi de Curie : le produit du coefficient d'aimantation d'une substance paramagnétique par la température absolue est une constante, la Constante de Curie. Quand cette constante a été déterminée expérimentalement, on peut donc, inversement, remonter au moment moléculaire. Langevin fait le calcul à titre d'exemple sur la molécule d'oxygène, mais, les données expérimentales étant encore incertaines, le résultat ne peut être précis.

L'hypothèse du champ moléculaire, qui introduit les actions mutuelles entre molécules douées d'un moment magnétique, m'a permis d'étendre la théorie cinétique du magnétisme aux corps ferromagnétiques. Le champ moléculaire, s'ajoutant au champ magnétique extérieur, rend compte de la forte aimantation des ferromagnétiques par les lois du magnétisme faible, comme la pression interne de van der Waals s'ajoutant à la pression extérieure rend compte de la forte densité des liquides par le même mécanisme qui donne la faible densité des gaz.

Il est résulté de cette théorie de nouveaux procédés de calcul des moments moléculaires. On peut d'ailleurs la considérer comme vérifiée par l'expérience en ce sens qu'elle a expliqué pour la première fois un grand nombre de faits. Mais elle ne les comprend pas tous et c'est pour préciser la limite entre les phénomènes auxquels elle s'applique dans sa forme actuelle et ceux qui exigent d'elle une nouvelle adaptation que j'ai été amené à préciser certaines données numériques sur lesquelles elle s'appuie et à calculer des moments moléculaires.

Disons de suite que le développement ultérieur de la question montrera qu'en général, au point de vue qui nous occupe, la molécule est l'atome lui-même et qu'il y a avantage, dans tous les cas, à rapporter les moments magnétiques à l'atome. L'examen des valeurs numériques obtenues révéla une loi qui peut s'énoncer :

Les atomes des corps magnétiques peuvent prendre, en général, plusieurs moments magnétiques bien déterminés, différents les uns des autres. Tous ces moments, qu'ils appartiennent au même atome ou à des atomes différents, sont des multiples entiers d'un même moment élémentaire qui a reçu le nom de magnéton.

Faisons d'abord deux remarques qui montrent bien la portée de cette loi. Précédemment, en énonçant l'*atome de nickel*, on évoquait quelque chose de parfaitement défini encore que la structure intime de cet atome fût inconnue. La diversité ne commençait qu'à la molécule. Il faut maintenant distinguer les atomes de nickel à 3, 8, 9 ou 16 magnétons. Le même atome prend différents états suivant les conditions physiques et chimiques où il se trouve. C'est une sorte d'allotropie atomique différente des allotropies moléculaires connues.

Si l'on imagine, pour un instant, que l'existence de ces petits aimants élémentaires, identiques entre eux et en nombre à la fois grand et variable dans le même atome, soit donnée a priori, on croirait leur démonstration expérimentale entourée des plus grandes difficultés. Les moments magnétiques devraient former des résultantes n'ayant aucun rapport simple avec la grandeur des moments composants. La facilité avec laquelle ils se manifestent, le caractère exceptionnel des cas où ils échappent à l'observation, sont donc l'expression d'une propriété importante. Il est très remarquable que ces moments élémentaires se placent toujours de manière à s'ajouter algébriquement, c'est-à-dire paral-

(1) Langevin. « Sur la théorie du magnétisme », *Journ. de Phys.*, 1905, p. 678; *Annales de Chimie et de Physique*, 1905, 8e série, t. IV, p. 70.

Digitized by Google

lèlement ou même bout à bout suivant la même droite.

J'ai déduit cette loi du magnéton de moments atomiques de quatre sources différentes, à savoir ceux :

Des corps ferromagnétiques aux très basses températures;

Des corps ferromagnétiques aux températures au-dessus de celle de la perte du magnétisme fort, c'est-à-dire au-dessus du Point de Curie;

Des corps paramagnétiques dissous;

Des corps paramagnétiques solides.

Ces déterminations, quoique d'une précision très inégale, formaient dans leur ensemble un faisceau de preuves que j'ai jugé solide. Depuis lors de nombreuses déterminations entrant davantage dans le détail des phénomènes et souvent plus précises sont venues s'ajouter aux anciennes.

Les deux premières sources de moments magnétiques se sont enrichies conformément à ce que les faits déjà connus pouvaient faire prévoir. Les données se sont multipliées et précisées sans qu'aucun aspect nouveau de la question se soit manifesté.

Dans les solutions salines les phénomènes se sont révélés plus compliqués qu'il n'avait paru d'abord. C'est par un hasard heureux, notamment, que la belle série de mesures de Pascal sur les sels de fer, faites toutes à la même concentration moléculaire, paraissait venir à l'appui de la loi simple. En général, les solutions ne contiennent pas une seule espèce de porteur du magnétisme, mais plusieurs, en proportions variables avec leur degré d'ionisation, d'hydrolyse et sans doute aussi avec la formation d'hydrates. Ce n'est qu'aux concentrations limites, ou très faibles ou très fortes, que se retrouvent en général les propriétés simples. C'est en première ligne le mérite du physicien espagnol Cabrera et de ses collaborateurs, Moles et Guzman, d'avoir montré comment, par une étude plus complète, les solutions des sels paramagnétiques retrouvent leur valeur démonstrative pour la théorie du magnéton. Entre leurs mains ce dernier, tout en étant le but vers lequel leurs recherches étaient orientées, est devenu aussi un puissant moyen d'investigation de l'état chimique des solutions.

De même, les faits se rattachant à la quatrième source, les corps paramagnétiques solides, ont été plus riches d'aspect que je ne l'avais soupçonné. J'avais soumis d'abord ces corps à un procédé de calcul simpliste qui consistait à traiter comme des gaz parfaits les poudres de leurs cristaux, qui paraissent isotropes par compensation. La série de mesures de Mlle Feytis, que j'avais utilisée à cause de la variété des types chimiques qu'elle comprend, avait fourni des nombres voisins de nombres entiers et avait paru justifier le procédé. De nouvelles mesures sont venues montrer que tel n'était pas le cas général.

La théorie du magnétisme des cristaux a été perfectionnée. La méthode de calcul, employée jusqu'alors sans preuve, n'est réellement correcte que pour un type déterminé d'énergie potentielle d'orientation des molécules. Elle cesse de l'être quand il y a champ moléculaire. La théorie montre alors comment doivent être conduits l'expérience et le calcul : il ne suffit pas de mesurer le coefficient d'aimantation à une température déterminée, mais il faut faire l'étude de la variation thermique, et même, dans certains cas que la théorie fait prévoir, cette étude devra être faite sur des cristaux aimantés successivement dans les trois directions principales. C'est là un travail de longue haleine. Quelques résultats isolés, obtenus dans une étude inachevée faite par G. Foëx, montrent que c'est bien ainsi que l'on s'achemine, pour les solides paramagnétiques, vers la connaissance des moments atomiques et des nombres de magnétons.

Enfin aux sources anciennes s'en est ajoutée une cinquième : la détermination précise du moment magnétique de l'atome d'oxygène dans l'oxygène et dans l'oxyde azoteux a fourni deux bonnes vérifications de la théorie, précieuses à cause de la manière particulièrement directe et transparente dont la théorie cinétique s'applique aux gaz parfaits, sans aucune complication provenant des actions mutuelles.

Ces travaux qui s'attaquent à un assez grand nombre de phénomènes divers et contiennent bien des données expérimentales seront exposés dans des articles ultérieurs. Dans cette Note qui leur sert d'introduction je me propose de résumer seulement les faits concernant la première source de moments atomiques : l'aimantation à saturation aux très basses températures. Bien que la signification de cette quantité, par opposition avec la saturation à d'autres températures, n'ait été pleinement mise en lumière que par la théorie cinétique et celle du champ moléculaire, on peut l'apercevoir sans faire appel explicitement à aucune théorie. Il est bien évident en effet que, si la température est assez basse pour que l'énergie cinétique de rotation des aimants élémentaires soit négligeable et le champ assez intense pour surmonter les couples dérivant de l'énergie potentielle de la substance, l'alignement des aimants élémentaires sera complet et le moment magnétique observé égal à la somme des moments des atomes.

En 1909, nous nous sommes proposé, H. Kamerlingh Onnes et moi [1], de mesurer l'aimantation à saturation des ferromagnétiques dans l'hydrogène liquide, à la température de 20° absolus. Pour le cobalt l'aspect des courbes montrait avec certitude que la saturation n'avait pu être atteinte par suite de phénomènes magnétocristallins. Le cas de la magnétite était douteux et inspirait des réserves. L'étude de cette substance a été reprise depuis. Elle n'est pas terminée, mais on peut affirmer dès à présent que la magnétite des premières recherches contenait une notable proportion de sesquioxyde. Restaient donc le fer et le nickel. Nous avons trouvé pour le moment de l'atome-gramme :

Fer	12 360
Nickel	3 370

Nous nous sommes posé la question de la rationalité

[1] Pierre Weiss et H. Kamerlingh Onnes. *Comm. Leiden*, 1910, n° 114; et *J. de Phys.*, 1910, 4e s., t. IX, p. 555.

Digitized by Google

des rapports entre les moments atomiques et nous avons conclu négativement.

Si nous avions fait la comparaison, non sur les nombres bruts avant diverses petites corrections, mais sur les nombres définitifs, peut-être aurions-nous été frappés de l'extrême exactitude avec laquelle le rapport 11:3 est réalisé. On a en effet :

Fer.....	12 360	$= 11 \times 1123{,}6$
Nickel.....	3 370	$= 3 \times 1123{,}3$

Ces mesures sont plus précises en valeur absolue et relative que la plupart de celles dont il sera question plus loin ; je leur emprunte la valeur de la partie aliquote commune, le magnéton-gramme = 1 123,5.

En divisant par le nombre $6{,}2 \times 10^{23}$ des molécules dans la molécule-gramme, on obtient le magnéton lui-même :

$$18{,}1 \times 10^{-22}.$$

C'est le moment du petit aimant élémentaire contenu 11 fois dans l'atome de fer, 3 fois dans l'atome de nickel.

C'est l'étude des alliages de trois métaux ferromagnétiques entre eux qui a permis de combler la lacune présentée par le cobalt et d'ajouter quelques nouvelles valeurs de moments atomiques. Les ferronickels ont été étudiés par Hegg (1) ; les nickel-cobalts par Bloch (2) et les ferrocobalts par Preuss (3). Les alliages ont été échelonnés de 10 en 10 pour 100 et les observations étendues jusqu'à la température de l'air liquide, ce qui est suffisant. J'ai porté dans la figure 1, en fonction de la composition atomique, les moments atomiques, exprimés en nombres de magnétons pour ces trois séries d'alliages (4).

On reconnaît que, dans les nickel-cobalts, le moment atomique varie linéairement, et suit par conséquent la loi des mélanges. Pour le cobalt et les deux alliages les plus riches en cobalt seulement, il y a un certain écart, représenté en pointillé, qui s'explique quand on examine les courbes de l'aimantation en fonction du champ. On reconnaît alors, en effet, que ces matières sont trop dures magnétiquement pour être saturées, comme nous l'avions déjà fait remarquer pour le cobalt pur. Mais la ligne droite est suffisamment bien déterminée par les autres points pour permettre une extrapolation vers le cobalt pur, au moyen de laquelle Bloch donne :

Cobalt..... 8,925 magnétons.

c'est-à-dire 9, au degré de précision de l'expérience.

L'étude des ferrocobalts a révélé l'existence de la combinaison définie Fe^2Co. Les moments atomiques sont représentés par une ligne brisée à l'abscisse correspondant à cette combinaison. L'extrapolation de la ligne droite des ferrocobalts jusqu'au cobalt pur a fourni une deuxième détermination du moment atomique de ce corps ; elle donne, d'accord avec la limite des nickel-cobalts :

Cobalt..... 8,97 magnétons.

Mais cette série présente encore deux particularités fort remarquables. Dès le début des expériences, certains de ces alliages s'étaient révélés plus magnétiques que le fer. En effet, l'intersection des deux droites du diagramme donne pour la combinaison :

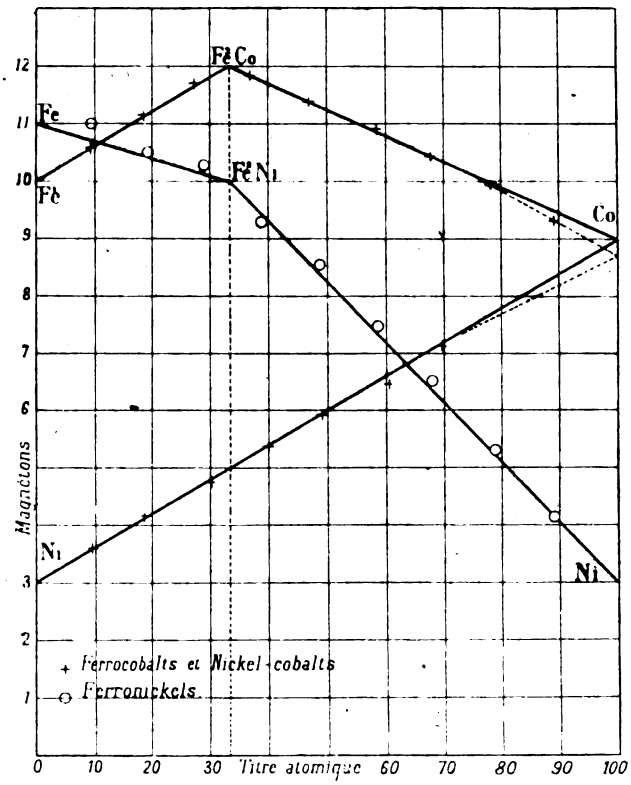


Fig. 1. — Moments atomiques en nombres de magnétons pour les alliages Ni-Co, Fe-Ni et Fe-Co.

Fe^2Co..... 12,0 magnétons par atome.

Le magnétisme de cette substance dépasse donc notablement celui du fer pur, qui n'a que 11 magnétons par atome. En tenant compte de sa densité un peu supérieure à celle du fer, de la différence des poids atomiques du fer et du cobalt, du fait que la variation thermique du zéro absolu à la température ordinaire n'est pas tout à fait la même pour les deux corps, on trouve que la nouvelle substance possède, à la température ordinaire, une aimantation à saturation de 10 pour 100 supérieure à celle du fer pur.

On conçoit que cette matière soit appelée à rendre des services toutes les fois qu'il s'agit d'obtenir une grande concentration du flux d'induction. Après l'avoir préparée par quelques grammes pour les premières expé-

(1) Hegg. *Arch. des Sc. phys. et nat.*, 4e pér., t. XXIX, p. 592 ; *Thèse Zurich*, 1910.
(2) Bloch. *Thèse Zurich*, 1912.
(3) Preuss. *Thèse Zurich*, 1912.
(4) Les nombres de Hegg ont été augmentés de 1 pour 100 pour identifier leur échelle à celle des autres observations.

Digitized by Google

riences, nous avons répété la préparation par centaines de grammes, et finalement M. de Freudenreich a pu, en surmontant de réelles difficultés, fondre, par les seuls moyens du laboratoire, des lingots de plus de 10 kg. Le magnétisme de tous ces produits a été contrôlé et a été régulièrement trouvé conforme aux prévisions. Grâce à l'obligeance de la Société « Le Fer », de Grenoble, nous avons eu à notre disposition du fer électrolytique d'une pureté exceptionnelle. Dans les dernières fontes, nous avons employé du cobalt commercial à 98,5-99 pour 100. Malgré la pureté moindre de cette dernière matière, nous avons gagné jusqu'à 9,7 pour 100 sur le fer pur.

Jusqu'à présent, la seule application qui ait été faite de cette intéressante substance a été d'augmenter la puissance des électro-aimants de laboratoire. En faisant tout le circuit magnétique en ferrocobalt, on gagnerait 10 pour 100 sur le champ. Mais, même en se bornant à munir les pièces polaires de pointes du nouvel alliage, on obtient encore un gain appréciable. Ainsi, avec moins de 1 kg de ferrocobalt, j'ai atteint 55 170 gauss dans les conditions où, avec les pièces polaires en fer, on n'obtenait que 52 580 gauss. La comparaison est plus éloquente si l'on oppose les puissances nécessaires pour obtenir le même champ avec et sans ferrocobalt : le même champ est obtenu sans ferrocobalt en dépensant 22 kw; avec les pointes en ferrocobalt en dépensant le quart de cette puissance, soit 5,5 kw seulement.

L'autre particularité curieuse du diagramme ferrocobalt consiste en ce que la droite représentant la variation du moment atomique en fonction de la composition dans l'intervalle Fe-Fe^2Co passe non par le point 11 magnétons, correspondant au fer pur, mais notablement au-dessous et donne, pour le fer pur, comme limite des alliages de fer et de cobalt :

Fe ..... 10,0 magnétons.

Ce diagramme fait donc connaître un nouvel état du fer qui n'existe pas à l'état de pureté, mais seulement en solution solide avec Fe^2Co. Nous verrons que le fer à l'état β_2 possède également 10 magnétons par atome.

La série d'expériences sur les ferronickels, la première en date, est moins précise que les deux autres. Ce n'est qu'en en rapprochant les données sur les propriétés au-dessus du point de Curie que j'ai reconnu l'existence de la combinaison Fe^2Ni. Aussi, si ces mesures ont été reproduites dans la figure 1, c'est moins pour leur valeur démonstrative qu'à titre de complément. Au degré de leur précision, elles s'accordent d'une manière satisfaisante avec l'interprétation suivante. Le fer à 11 magnétons forme une série de solutions solides avec la combinaison Fe^2Ni possédant 30 magnétons dans la molécule, soit 10 par atome. Cette combinaison forme à son tour une série de solutions solides avec le nickel à 3 magnétons. Dans les limites de ces solutions solides, le moment atomique obéit à la loi des mélanges.

Pierre Weiss,
Professeur à l'École polytechnique de Zurich.

Théorie élémentaire du magnétisme

Pour étendre au magnétisme les théories de Vaschy sur l'électricité, l'auteur remarque que l'expérience démontre l'existence de deux vecteurs H et B qui définissent l'état du champ dans un aimant comme dans tout milieu polarisé. En étudiant leurs propriétés au moyen de la notation vectorielle, il arrive, d'une façon très élégante, à une expression du potentiel qui est la même que si on supposait ce potentiel dû à des masses $+m$ et $-m$ agissant suivant la loi de Coulomb.

1° Feu M. Vaschy, ingénieur des Télégraphes, a présenté autrefois et développé dans sa « Théorie de l'Électricité » (Baudry et C^ie^, 1896), une théorie des phénomènes électriques, dans laquelle il entendait ne faire appel qu'à l'expérience et au raisonnement. Il semble pourtant que ses explications manquent de netteté, quand il s'agit de la polarisation diélectique ou du magnétisme. Il ne définit le pouvoir inducteur électrique que pour les corps fluides et il s'est abstenu de présenter la théorie du magnétisme de sir William Thomson (lord Kelvin), parce qu'il lui paraissait difficile de ne pas y faire appel aux masses hypothétiques de la théorie des fluides. Aussi se contente-t-il, en général, d'analogies avec la théorie de l'électricité, notamment pour l'expression de l'énergie magnétique, bien qu'il ne soit pas possible de reproduire pour celle-ci les modes de raisonnement qu'il a employés dans le cas de l'électricité. Il nous a paru qu'il y avait là une lacune à combler; nous n'avons d'ailleurs eu, pour y parvenir, qu'à suivre la méthode même que M. Vaschy aurait vraisemblablement suivie, si la mort, une mort prématurée, n'était venue interrompre ses travaux.

Voici tout d'abord comment il est possible de définir le moment magnétique et le champ magnétique d'une façon purement expérimentale.

Nous pouvons remarquer avec Maxwell que, si l'on présente un aimant dans un champ uniforme, tel que le champ terrestre, en le laissant libre de tourner autour d'un point C, il s'orientera, et les diverses méthodes de retournement prouvent qu'il se met dans une position d'équilibre lorsqu'il y a coïncidence entre une direction fixe de l'espace et la direction d'une file déterminée de molécules matérielles dans le corps de l'aimant. Or,

Digitized by Google

cette direction de l'espace ne change pas lorsque l'on opère avec des aimants différents et c'est à elle, par conséquence, que l'on donnera le nom de direction du champ au point O.

Or, le magnétisme terrestre, si c'est lui qui nous a fourni ces observations, n'est constant ni en grandeur, ni en direction, soit que l'on opère en des lieux différents du globe, soit que l'on opère en un même lieu à des époques différentes. Mais ce qui est remarquable, c'est que, dans ces conditions si diverses, c'est cependant, pour chaque aimant, toujours la même file de molécules qui dans la position d'équilibre s'oriente parallèlement au champ. Cette direction invariable, pour chaque aimant, par rapport à des axes qui lui seraient liés, est la direction du moment magnétique de l'aimant, par définition; cette direction, en effet, ne dépend que de l'aimant et non du champ où on l'a porté.

Si, maintenant, on examine la force avec laquelle l'aimant librement suspendu par son centre de gravité, par exemple, se trouve ramené dans la direction du champ, on trouve que l'aimant est soumis à un couple dont l'axe est perpendiculaire à la fois au champ et à la direction du moment et dont la grandeur est proportionnelle à l'angle d'écart si cet angle est suffisamment petit, soit C_α ce couple. En opérant avec un même aimant dans différents champs, on trouve des nombres proportionnels, quel que soit l'aimant considéré; leurs rapports définiront donc les intensités des champs; en opérant, dans un même champ, avec des aimants différents, quel que soit ce champ, on trouve aussi des nombres proportionnels; leurs rapports définiront donc les moments magnétiques des aimants; l'un des aimants pourra être supposé avoir le moment magnétique unité; l'un des champs pourra être supposé avoir l'intensité de champ unité. Les champs et les moments sont alors définis d'une façon expérimentale précise.

Quelles sont maintenant les propriétés du champ? Ces propriétés sont les deux suivantes, H étant le champ :

$$(\nabla H) = 0, \qquad [\nabla H] = 0.$$

Dans ces équations ∇ est le vecteur symbolique dont les composantes sont $\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y}, \frac{\partial}{\partial z}$; les parenthèses indiquent le produit intérieur; les crochets indiquent le produit extérieur. La première équation peut s'écrire :

$$\text{div. } H = 0 \text{ (divergence de } H = 0).$$

La seconde peut s'écrire :

$$\text{rot. } H = 0 \text{ (rotationnel de } H = 0).$$

Ces deux propriétés équivalent aux suivantes :

$$\int\int (\nu H)\, dS = 0, \quad \int (H ds) = 0,$$

qui expriment : la première, que le flux du vecteur H à travers une surface fermée quelconque est nulle; la seconde, que le travail du vecteur H le long d'un circuit fermé quelconque est nul (ν est le vecteur unité normal à dS).

La première propriété exprime d'après le théorème de Gauss, qu'il y a autant de pôles positifs que de pôles négatifs, et se manifeste dans l'expérience de l'aimant brisé.

La seconde propriété exprime le fait que H dérive d'un potentiel, comme cela est évident, si l'on admet les lois expérimentales de Coulomb, d'après lesquelles H est la résultante d'une somme de forces fonctions de la distance.

Au surplus, ces lois ne faisant intervenir que le champ H et des éléments géométriques, ceux de la surface ou de la ligne d'intégration, sont directement accessibles à la vérification expérimentale.

Nous les admettons comme générales. Si par exemple il y a des aimants solides dans le champ et que la surface d'intégration coupe en partie le volume d'un aimant, nous supposerons que, comme dans l'expérience de l'aimant brisé, on ait réellement et matériellement pratiqué une coupure dans l'aimant. Dans cette coupure, il y a maintenant de l'air et théoriquement nous pouvons y mesurer le champ magnétique. Pratiquement, rappelons que, pour mesurer l'induction magnétique d'une barre AB, on mesure la quantité d'électricité induite dans une bobine C qui chausse AB, lorsque l'on retire brusquement le noyau AB, de façon à laisser la bobine C libre de céder à l'action d'un ressort qui la sollicite; au moment où l'on observe l'élongation due à la décharge de cette bobine, elle est en train de passer dans la fente produite entre le noyau mobile AB et le reste du circuit magnétique, et les lignes de force qu'elle coupe dans son mouvement sont justement celles qui existent dans la coupure. La disposition théorique n'est donc pas si éloignée de la pratique qu'on pouvait le croire au premier abord.

Cela posé, rappelons que le théorème bien connu de Vaschy exprime que le champ d'un vecteur est dû à des masses scalaires agissant suivant la loi de Coulomb et à des masses vectorielles agissant suivant la loi de Laplace. Les masses agissant suivant la loi de Coulomb sont définies par les égalités :

$$4\pi\sigma = (\nu H)$$
$$4\pi\rho = (\nabla H)$$

Les masses agissant suivant la loi de Laplace sont définies par les égalités :

$$4\pi\tau = [\nu H]$$
$$4\pi\mu = [\nabla H]$$

Dans ces équations σ et τ sont des densités superficielles; ρ et μ sont des densités par unité de volume.

Ces masses volumiques sont à l'intérieur du champ U, ces masses superficielles sont à la surface du champ qui limite le volume U; d'ailleurs si le vecteur H est discontinu sur une portion de surface Σ, il faut, par la pensée, dédoubler cette surface Σ en deux nappes accolées, supposer entre ces deux nappes un volume infiniment petit qui sera exclu de U et ajouter les deux nappes

Digitized by Google

de Σ à la surface limite. Ceci revient à ajouter une fois la surface Σ et à y donner au vecteur H une valeur égale à sa discontinuité. Enfin le vecteur ν est un vecteur unité dirigé normalement à la surface limite, dans le sens qui pénètre dans le volume U.

C'est d'ailleurs un résultat bien connu que l'équation

$$(\Delta H) = 0$$

entraîne la continuité du flux du vecteur H (propriété solénoïdale) et que l'équation

$$[\Delta H] = 0$$

entraîne la continuité de la composante tangentielle du vecteur H (propriété irrotationnelle).

De même que, si la surface d'intégration coupe un aimant, nous devons supposer qu'en réalité la surface est tracée dans une coupure préalable faite à l'aimant, de même, si la ligne d'intégration traverse un aimant, nous devons supposer qu'en réalité la ligne est tracée dans un canal foré au préalable dans la substance de l'aimant.

Cela étant, considérons pour surface d'intégration, relative au flux du vecteur champ magnétique, la surface formée par les quatre faces d'un petit tétraèdre ayant trois faces respectivement perpendiculaires aux axes ox, oy, oz. Dans la fissure parallèle à yoz, le champ a une certaine valeur mesurable; j'appelle B_x sa composante parallèle à ox; j'appelle de même B_y et B_z les composantes parallèles à oy et oz des champs mesurés dans les fentes perpendiculaires à ces axes et j'appelle B_n celle qui se rapporte à la face oblique; j'ai alors :

$$B_x\,dS_x + B_y\,dS_y + B_z\,dS_z = B_n\,dS.$$

Soit alors B le vecteur qui a pour composantes B_x, B_y, B_z et ν le vecteur unité normal à dS, on a :

$$(\nu B) = B_n.$$

Il résulte de propriétés invariantes bien connues que B conserve la même valeur, quel que soit le système d'axes triangulaires (o,xyz) d'où l'on est parti.

Si, en effet, on examine les composantes B_i, B_j, B_k du champ dans des fentes perpendiculaires aux trois vecteurs unités trirectangulaires i, j, k, on aura :

$$B_i = (Bi) \quad B_j = (Bj) \quad B_k = (Bk)$$

et le vecteur B' construit sur ces trois composantes sera donné par la formule :

$$B' = i(Bi) + j(Bj) + k(Bk),$$

or le second membre de cette égalité n'est autre que B, d'après une formule connue.

En considérant le champ dans des fentes étroites, nous définissons donc en définitive un vecteur particulier B, auquel nous donnerons le nom d'induction magnétique. Et l'on a : $(\nabla B) = 0$.

De même, pour aller d'un point M à un point infiniment voisin M', nous pouvons cheminer en ligne droite ou suivre un contour « sinueux » formé d'éléments parallèles aux axes. Prenons ce chemin pour contour d'intégration. Dans un canal parallèle à Ox, le champ magnétique a une certaine valeur h; mais j'appelle H_x sa composante longitudinale. Je définis ainsi successivement H_x, H_y et H_z, puis H_s par les composantes longitudinales dans les canaux parallèles aux axes ou à MM' et si j'appelle ν le vecteur unité dirigé suivant MM', j'aurai, d'après l'existence d'un potentiel :

$$(\nu H) = H_s,$$

H étant le vecteur qui a pour composantes H_x, H_y, H_z. Le travail étant un invariant, j'arriverais à ce même vecteur H, si j'étais parti d'autres axes. Et l'on a :

$$[\nabla H] = 0.$$

En résumé, j'ai ainsi défini deux vecteurs B et H; au premier j'ai donné le nom d'induction magnétique, au second je conserve le nom de champ magnétique. Dans l'air, on a $B = H$; dans un aimant, B et H diffèrent et je pose :

$$B - H = 4\pi I.$$

Puis je porte mon attention sur le vecteur H pour lui appliquer le théorème de Vaschy; l'existence d'un potentiel et la continuité de la composante tangentielle montrent que seules subsisteront les masses scalaires, on aura donc pour potentiel :

$$V = \int_S \frac{\sigma\,dS}{r} + \int_U \frac{\rho\,d\omega}{r}.$$

Il s'agit d'évaluer (∇H) et (νH). Or, on a :

$$(\nabla B) - (\nabla H) = 4\pi(\nabla I) \text{ ou } (\nabla H) = -4\pi(\nabla I).$$

Puis la surface S est composée de deux parties : 1° la surface à l'infini où l'on a $H = 0$, et par suite $\sigma = 0$; puis 2° la surface S de l'aimant où H éprouve une discontinuité H_1 et l'on a :

$$(\nu H_1) = -4\pi(I\nu),$$

ν étant dirigé vers l'intérieur de l'aimant.

Car on a $I = 0$ à l'extérieur de l'aimant. Il reste donc :

$$V = -\int \frac{(I\nu)}{r}\,dS - \int \frac{(\nabla I)}{r}\,d\omega.$$

Mais la formule d'Ostrogradski permet de transformer cette expression et l'on a :

$$V = \int I\nabla\frac{1}{r}\,d\omega.$$

Or, c'est là le potentiel qui serait dû à des masses fictives réparties dans le volume $d\omega$, si $I d\omega$ était le moment magnétique de l'élément de volume $d\omega$.

On voit donc comment, en partant de données purement expérimentales, on arrive, par l'application de la théorie même de Vaschy, à définir le moment magnétique élémentaire comme dû à des masses $+m$ et $-m$,

Digitized by Google

agissant suivant la loi de Coulomb; ces masses sont telles que, si l est la distance qui les sépare, on a $ml = Id\omega$.

2° Peut-être quelque lecteur qui n'aurait pas sous la main le Traité d'électricité de Vaschy serait-il désireux maintenant d'avoir la démonstration du théorème de Vaschy. Si cela était, nous proposerions la démonstration ci-après qui doit sa brièveté relative à la notation vectorielle.

Je dis tout d'abord que l'on a, pour un champ de deux vecteurs H et H', l'identité suivante :

$$\int_S (\nu H)H' + \Big[[\nu H]H'\Big]\,dS + \int_U \Big(H(\nabla H') + H'(\nabla H) + \Big[[\nabla H']H\Big] + \Big[[\nabla H]H'\Big]\Big)\omega = 0 \;;$$

ν est le vecteur unité normal à S dirigé vers l'intérieur du volume V. On a, en effet, d'après une formule connue :

$$\Big[[\nu H]H'\Big] = +\,H\,(\nu H') - \nu\,(HH').$$

Ce qui montre que l'élément de l'intégrale de surface est symétrique par rapport à H et H'; d'autre part, ν entre linéairement et chacune des composantes de ν est facteur d'un produit fg de deux quantités ne dépendant, la première que de H, la seconde que de H'; or, on a :

$$\frac{\partial}{\partial x} fg = g\,\frac{\partial f}{\partial x} + f\,\frac{\partial g}{\partial x}$$

et la formule d'Ostrogradski a pour expression :

$$\int (\nu F)\,dS + \int (\nabla F)\,d\omega = 0,$$

F étant une quantité vectorielle quelconque. L'application de ces deux règles suffit à la démonstration de l'identité ci-dessus. De plus, on pourra, si l'on veut, remplacer l'intégrale de surface par l'expression équivalente :

$$\int_S \Big((\nu H')\,H + \Big[[\nu H']H\Big]\Big)\,dS.$$

Le théorème est soumis aux mêmes conditions d'applicabilité que la formule d'Ostrogradski elle-même.

Pour déduire de l'identité proposée le théorème de Vaschy, il suffit de poser :

$$H' = -\nabla\frac{1}{r},$$

en excluant du volume V une petite sphère tracée autour du point P comme centre, r étant la distance de ce point P à l'élément d'intégration, dS ou $d\omega$, selon le cas.

On remarquera seulement que l'on a :

$$(\nabla H') = \nabla\frac{1}{r} = 0,$$
$$[\nabla H'] = 0,$$

et enfin :

$$(\nu H') = \frac{1}{R^2}, \quad [\nu H'] = 0,$$

sur la surface de la sphère de garde entourant le point P dont le rayon R sera supposé infiniment petit.

Les éléments de volume en $[\nabla H']$ et $(\nabla H')$ disparaissent; pour évaluer l'intégrale de surface à la limite extérieure du champ, nous prenons la première forme de l'intégrale de surface; pour évaluer l'intégrale de surface sur la surface de la sphère de garde, nous prenons la seconde forme. On a :

$$\int \Big((\nu H')H + \Big[[\nu H']\,H\Big]\Big)\,dS = \int (\nu H')\,H\,dS = H_P \int \frac{1}{R^2}\,dS = 4\pi H_P.$$

D'où, en faisant tendre R vers 0,

$$H_P = \int_S \sigma\nabla\frac{1}{r}.dS + \int_S \Big[\tau\nabla\frac{1}{r}\Big]dS + \int_U \rho\nabla\frac{1}{r}d\omega + \int_U \Big[\mu\nabla\frac{1}{r}\Big]d\omega,$$

en posant :

$$4\pi\sigma = (\nu H) \qquad 4\pi\tau = [\nu H],$$
$$4\pi\rho = (\nabla H) \qquad 4\pi\mu = [\nabla H].$$

La formule de Vaschy est donc démontrée ainsi.

Dans cette formule ∇ indique une dérivation par rapport aux coordonnées de l'élément dS ou $d\omega$. Si on désigne par ∇_P une dérivation par rapport aux coordonnées du point P, on a : $\nabla_P\frac{1}{\nu} = -\nabla\frac{1}{\nu}$; et la formule se simplifie.

Posons, en effet :

$$V = \int \frac{\sigma}{r}\,dS + \int \frac{\rho\,d\omega}{r}$$
$$A = \int \frac{\tau}{r}\,dS + \int \frac{\mu\,d\omega}{r},$$

V est une quantité scalaire, le potentiel;

A est une quantité vectorielle, le potentiel vecteur, et l'on a :

$$H_P = -\nabla_P V + [\nabla_P A].$$

C'est de la formule qui donne V que nous nous sommes servis dans l'exposé précédent de la théorie élémentaire du magnétisme.

J.-B. Pomey,
Ingénieur en chef des Télégraphes.

Digitized by Google

Revues, analyses et informations

Nouveaux dispositifs pour compteurs d'énergie à courant continu.

On est obligé de reconnaître qu'il est toujours nécessaire de chercher à perfectionner, autant que possible, la construction des appareils; les nouveaux dispositifs pour compteurs d'énergie indiqués par le Dr Ziegenberg, dans une conférence faite à l'Elektrotechnischer Verein (Société des Électriciens allemands) et reproduite dans le journal de cette société (1), en sont une nouvelle preuve.

D'après le conférencier, les compteurs d'énergie pour courants continus de construction actuelle ont trois défauts : 1° l'induit ne peut être facilement retiré et remis en place; 2° on ne peut soustraire le compteur à l'influence des champs magnétiques puissants qui se trouvent dans le voisinage, qu'en employant des dispositifs très compliqués; et 3° les frottements nuisent considérablement à l'exactitude de l'enregistrement, principalement aux faibles charges.

Les deux premiers inconvénients peuvent être évités en employant un induit à bobines plates, c'est-à-dire en forme de disque au lieu de l'induit en tambour utilisé ordinairement, et le troisième peut être fortement atténué en commandant électromagnétiquement la minuterie au lieu de l'actionner par vis sans fin, comme on le fait actuellement.

Un compteur ordinaire à induit en tambour peut avoir ses indications influencées par un champ voisin, par exemple quand on approche un aimant permanent puissant, dans le but d'en fausser les indications; même le champ magnétique terrestre peut faire varier les indications de 4 pour 100 en plus ou moins, quand le compteur est chargé à 5 pour 100 seulement. La grande importance pratique de cette influence est démontrée par le fait que certaines centrales américaines exigent que les compteurs soient étalonnés, après leur mise en place.

On est arrivé à rendre les compteurs à induit en tambour astatiques, par exemple ceux placés sur un tableau à proximité de conducteurs dans lesquels il peut circuler des courants intenses, en employant deux induits dont les champs inducteurs sont de polarités contraires; mais le dispositif est lourd et coûteux, et même pas tout à fait efficace, car un champ puissant plus voisin de l'un des systèmes que de l'autre peut l'influencer.

Afin d'obtenir dans un compteur avec induit en tambour un couple de rotation élevé, il convient de placer les bobines de champ aussi près que possible de l'induit, de sorte que, pour retirer celui-ci, on est obligé d'enlever une ou deux bobines du champ.

Lorsque l'induit a été remis en place, ainsi que les bobines, il faut procéder à un nouveau réglage. Dans un compteur avec induit en disque, on peut retirer ce dernier, sans toucher aux bobines de champ, et par conséquent sans avoir à procéder après la remise en place à un nouveau réglage. Si on ne dispose les bobines de champ que d'un seul côté de l'induit, par exemple au-dessus, on retire facilement l'induit. Si on dispose, afin d'avoir des champs plus puissants, et par conséquent un couple de rotation plus grand, les bobines d'excitation par paires au-dessus et au-dessous de l'induit, en aménageant une fente entre deux des bobines, on peut retirer sans difficulté l'induit sans avoir à toucher aux bobines.

Avec un induit en forme de disque, le système est presque astatique, car si un champ extérieur exerce des actions sur les bobines de champ, ces actions sont ordinairement dirigées dans le même sens dans l'espace, mais se compensent à peu près au point de vue du couple de rotation.

A l'origine, on avait bien construit des compteurs avec induits à disque, mais on a abandonné ce système parce que le couple de rotation était trop faible, cela provenait tout simplement du fait que le nombre de bobines plates, en forme de secteurs, était trop élevé.

Il se produit alors dans les diverses bobines des actions opposées qui se compensent, ainsi qu'il est facile de s'en rendre compte en examinant la figure 1, qui représente un induit à 8 bobines, qui sont reliées aux lames d'un collecteur de même nombre de lames, avec induit bipolaire : les flèches indiquent le sens du courant dans les diverses bobines. Dans chaque partie de l'induit qui se trouve, totalement ou partiellement, sous l'influence d'un des champs, les parties des conducteurs d'une bobine disposées radialement sont parcourues par des courants de sens contraires, de sorte que leurs actions sont opposées et se compensent ou à peu près. Ce n'est que dans les deux paires de bobines reliées aux lames du collecteur qui se trouvent sous les balais que le courant a le même sens dans les parties des conducteurs disposées radialement, de sorte que ceux-ci, pratiquement, produisent le couple de rotation. Toutes les autres bobines sont inutiles et ont pour effet d'augmenter la résistance de l'induit, ainsi que le poids de l'induit.

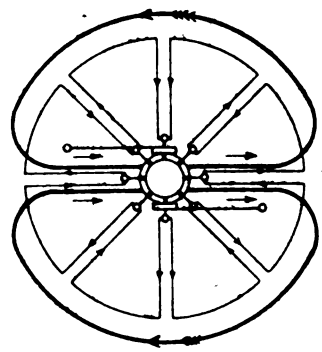


Fig. 1. — Induit en disque pour compteur.

Il est vrai qu'en multipliant le nombre des bobines on diminue les pulsations du couple de rotation, mais cela n'a pas grand intérêt.

Il faut munir, au maximum, l'induit d'un nombre de sections double de celui des champs inducteurs, et alors on est dans d'aussi bonnes conditions, au point de vue du couple moteur, que dans le cas d'un induit en tambour.

Dans ce cas, chaque bobine parcourue par le courant a la partie radiale de ses conducteurs placée dans des champs de polarité différente, et les actions s'additionnent, ou bien l'une d'elles est sous l'action d'un champ et l'autre se trouvant dans la zone neutre n'a aucune action, et par conséquent ne diminue pas le couple.

(1) *Elektrotechnische Zeitschrift*, 6 juillet 1916, t. XXXVII, p. 356-360.

Digitized by Google

On peut, par exemple, construire un compteur bipolaire dont l'induit a trois bobines plates, se mouvant entre deux paires de bobines de champ comme l'indique la figure 2; le

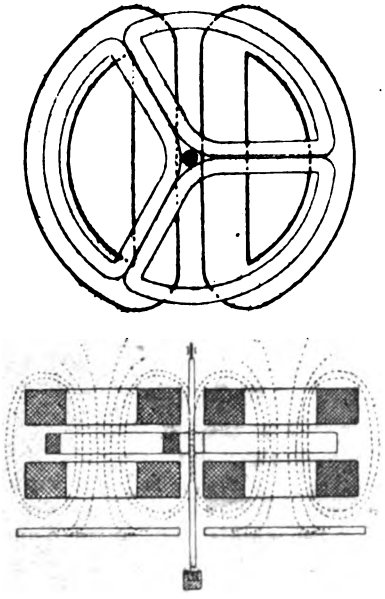


Fig. 2. — Induit à bobines plates en 3 parties

système est très court et très léger de sorte qu'il y a peu de frottements; par exemple dans un tel compteur le système induit pèse 75 g, le couple est de 6, 5 à 7 g-cm et la consommation de la dérivation de 15 m A.

La figure 3 donne les dimensions comparatives d'un comp-

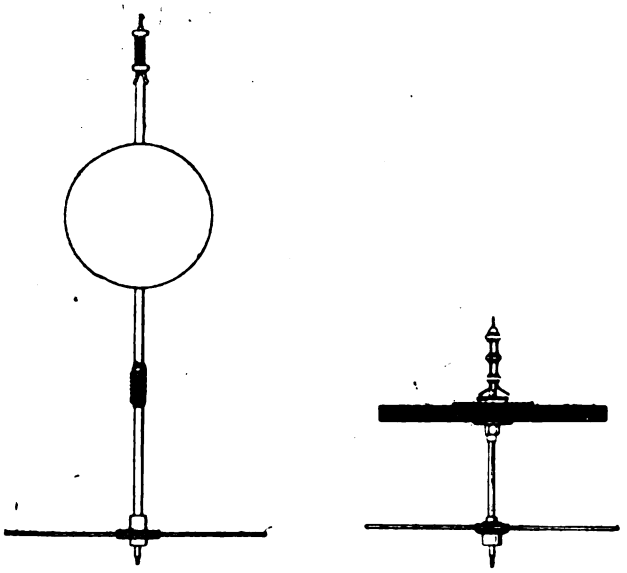


Fig. 3. — Comparaison du compteur à induit en tambour et à induit en disque.

teur avec induit en tambour et d'un compteur avec induit en disque de mêmes puissances.

Le compteur à induit en disque, avec bobines plates, en forme de secteurs, a un défaut de principe: la partie des conducteurs des bobines, qui se trouvent à la périphérie du disque, est absolument inactive au point de vue du couple, elle ne fait qu'augmenter la résistance électrique de l'induit, ainsi que le poids de celui-ci. Pour que le rapport de la partie active des conducteurs, c'est-à-dire de la partie radiale, à la partie inactive, soit grand, il faut que l'angle occupé par une bobine soit petit, c'est-à-dire que le nombre des bobines soit grand, de sorte qu'il faut que l'induit soit multipolaire.

On a les mêmes conditions dans une dynamo: une machine multipolaire est, à puissance égale, plus légère qu'une machine bipolaire. Cependant la multiplication du nombre de pôles complique beaucoup la construction; en pratique pour un compteur ordinaire on ne prend que 4 pôles; la figure 4 représente les bobines de champ d'un compteur avec induit

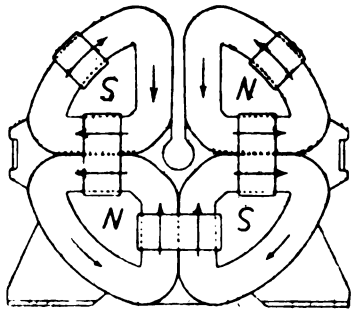


Fig. 4. — Champ à 4 pôles.

en disque à 4 pôles. Les bobines sont placées les unes contre les autres; il n'y a qu'un faible intervalle, une rainure, entre les bobines qui se trouvent en avant, afin de pouvoir retirer commodément le système induit.

Un premier avantage est que le compteur à 4 pôles est pratiquement astatique, car si dans un compteur à deux pôles un champ extérieur placé plus près de l'un des pôles que de l'autre peut avoir une certaine influence, dans le compteur à 4 pôles cela n'est pour ainsi dire pas à craindre.

Un second avantage est que les bobines de champ étant disposées les unes contre les autres, leurs actions magnétiques s'ajoutent de sorte qu'on a des champs puissants, avec un courant d'excitation d'intensité relativement faible.

Dans le cas d'un champ à quatre pôles, les connexions de l'induit se font comme celles d'une machine à courant continu multipolaire; deux bobines opposées sont montées en série et constituent une section de l'induit. Par exemple, si l'induit a six bobines, les trois sections de celui-ci sont reliées à trois lames consécutives d'un collecteur à six lames dans lequel deux lames opposées sont en relation électrique.

Le collecteur peut être construit facilement au moyen de trois lames d'argent, que l'on recourbe en forme de U, les deux branches formant deux lames opposées du collecteur, tandis que la partie inférieure de l'U, percée d'un trou pour pouvoir l'enfiler sur l'arbre, constitue la liaison entre les deux lames.

Comme on le voit sur la figure 3, dans le nouveau compteur, la minuterie n'est pas commandée par vis sans fin; elle est actionnée électromagnétiquement, ce qui diminue l'importance des frottements du système induit et augmente l'exactitude à faibles charges.

Dans des essais entrepris à la Physikalisch-Technische Reichsanstalt, par le Dr Schmiedel, sur sept compteurs à collecteurs, de fabrications différentes, le frottement dans la minuterie représente 7 à 28 pour 100 du total des frotte-

Digitized by Google

ments suivant le genre de construction et de commande et même, dans un cas, la proportion était de 54 pour 100. Il faut remarquer en outre que les essais ont été entrepris avec des compteurs neufs, et que les frottements augmentent avec la durée de fonctionnement du compteur.

Avec le système d'indications au moyen de chiffres apparaissants, que l'on emploie beaucoup aujourd'hui, il peut même se faire que le compteur s'arrête à faible charge et ne se remette en marche que quand la charge a augmenté. En effet, les chiffres sont disposés sur le pourtour de roues et, à un moment donné, quand l'enregistrement passe par exemple de 99 à 100 ou de 999 à 1 000, plusieurs de ces roues doivent avancer en même temps, de sorte que l'effort à produire peut être trop grand.

On a imaginé plusieurs systèmes de commande électromagnétique de la minuterie, en l'actionnant au moyen de l'armature d'un électro-aimant attirée une fois par tour de l'induit, mais il faut soit placer des frotteurs, ce qui est toujours une source de dérangements, ou bien, comme le faisait Trerched, placer dans un des enroulements de l'induit une petite bobine dans laquelle il se produit à chaque tour un renversement du courant; mais ce dispositif est très compliqué et exige que la minuterie soit disposée à proximité de l'induit.

Pour l'excitation d'un électro-aimant, il n'est pas nécessaire que le courant d'excitation soit complètement interrompu; il suffit, pour obtenir un mouvement périodique de l'armature, d'avoir un courant dont l'intensité varie périodiquement. Si on utilise pour cela un courant qui a des variations d'intensité suffisantes, en synchronisme avec la rotation de l'induit, on peut transmettre la rotation à une minuterie.

Dans le dispositif ordinaire des compteurs d'énergie, l'intensité du courant dérivé varie très peu, et d'autant moins que le collecteur est subdivisé en plus de parties et que le compteur tourne plus vite. Si l'on veut arriver au but dans cette voie, il faut produire artificiellement des variations de l'intensité du courant.

M. Ziegenberg place dans une des connexions avec le collecteur une résistance de grandeur appropriée de sorte que, chaque fois que la lame correspondante touche l'un ou l'autre des balais, la tension entre balais s'accroît de la chute de tension que la circulation du courant provoque dans cette résistance. Il dispose, en parallèle avec les balais, un électro-aimant muni d'un enroulement d'excitation, formé d'un grand nombre de spires de fil fin, dont l'armature actionne la minuterie; en choisissant bien la valeur de la résistance, on peut faire varier la tension entre balais d'une quantité telle que l'actionnement du relais est assuré. Dans ce dispositif, l'enroulement d'excitation est constamment parcouru par un courant d'une intensité de un milliampère environ, et ce courant ne suffit pas pour actionner l'électro-aimant. Le fonctionnement se produit seulement quand un courant plus intense, dû à l'augmentation de la tension entre balais, circule. Le système peut être employé dans tout compteur, quels que soient le montage de l'induit et le nombre de bobines.

L'augmentation de la tension se produit deux fois par tour dans un compteur bipolaire, et quatre fois dans un compteur à quatre pôles. Il peut se faire que, par exemple, quand le compteur est surchargé, et que l'induit tourne très vite, le relais fonctionne également trop vite. Il suffit évidemment que, à chaque tour de l'induit, corresponde une attraction de l'armature de l'électro-aimant de relais.

M. Ziegenberg obtient cet effet, en subdivisant une des lames du collecteur en deux parties isolées l'une de l'autre et en plaçant la résistance entre les deux parties de la lame, comme l'indique le schéma de la figure 5. On déplace les balais de sorte que celui qui est à la partie supérieure ne vienne en contact qu'une fois par tour avec la partie supérieure de la lame subdivisée, et que celui qui est à la partie inférieure ne vienne aussi qu'une fois par tour en contact avec la partie inférieure de cette lame.

Dans ce cas, l'augmentation d'intensité qui actionne l'électro-aimant ne se produit qu'une fois par tour, quand le balai

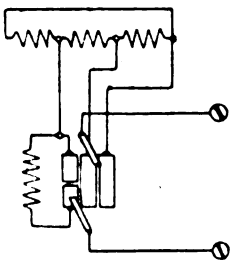


Fig. 5.

supérieur vient en contact avec la partie supérieure de la lame. Le collecteur a une longueur un peu plus grande qu'à l'ordinaire, et on le munit en son milieu d'une bague isolante qui le consolide. Les balais, étant disposés à des hauteurs différentes, ne peuvent jamais venir en contact.

Le fonctionnement de l'électro, dont l'armature actionne la minuterie au moyen d'un cliquet, a lieu quand l'intensité du courant est de 2,5 à 3 milliampères. La courbe d'erreur d'un tel compteur est absolument en ligne droite entre 5 pour 100 de la charge et une surcharge de 50 pour 100.

Dans la discussion qui a suivi cette conférence, on a demandé à M. Ziegenberg, quelle était l'énergie dépensée pour actionner l'électro-aimant de commande de la minuterie et quelle influence a la résistance installée dans l'induit sur le couple moteur.

M. Ziegenberg a répondu que la tension normale entre balais est de 5 v environ, et qu'alors l'intensité du courant d'excitation de l'électro-aimant est d'environ 1,2 m A, tandis qu'au moment du fonctionnement de l'électro-aimant, la tension entre balais est de 14 à 16 v et l'intensité du courant d'excitation est d'environ 3 m A. L'intensité du courant de dérivation varie entre 13,5 et 14 m A, suivant que l'électro-aimant fonctionne ou non.

F. L.

Théorie de la chute de potentiel cathodique (1).

Les résultats expérimentaux établis, et dont l'auteur essaye de fournir l'interprétation, sont les suivants (pour les notations voir le *Recueil des Constantes physiques*, tableau 239) :

Aston (2) et Watson (3) dans leurs recherches sur la longueur de l'espace obscur de Crookes et sur la chute cathodique ont trouvé que, pour la plupart des gaz, les résultats pouvaient être représentés par les relations empiriques

$$(1) \qquad pD = A + B\frac{p}{\sqrt{c}}$$

(1) A. Wilson, *Physical Review*, septembre 1916, 2e série, t. VIII, p. 227-237, 4 000 mots, 2 fig.
(2) *Proc. Roy. Soc.* A, 1907; t. LXXIX, p. 80.
(3) *Proc. Roy. Soc.* A, 1912; t. LXXXVI, p. 168.

Digitized by Google

(2) $$V = E + F\frac{\sqrt{c}}{p},$$

où p désigne la pression gazeuse, D la longueur de l'espace obscur de Crookes, c la densité du courant, V la chute cathodique, A, B, E et F des constantes qui dépendent de la nature du gaz et de la cathode utilisée. Les relations (1) et (2) montrent que V et le produit pD dépendent uniquement de $\frac{c}{p^2}$. Dans ces recherches, la densité du courant était toujours supérieure à la valeur correspondant à la la chute cathodique « normale » qui s'observe quand la lueur négative ne recouvre pas complètement la cathode.

Skinner [1] a établi que la densité du courant normal est proportionnelle au carré de la pression et a confirmé le fait que la chute cathodique normale est indépendante de la pression. Il trouve aussi que la longueur de l'espace sombre normal est en raison inverse de la pression. Pour des densités de courant supérieures à la normale, Skinner reconnaît que pD et V sont des fonctions de $\frac{c}{p^2}$.

La distribution de l'intensité électrique dans l'espace sombre de Crookes a été étudiée par différents observateurs. Les résultats les plus importants ont été obtenus par Aston [2] en mesurant l'intensité électrique au moyen de la déviation d'un pinceau étroit de rayons cathodiques. L'intensité électrique est proportionnelle à la distance de la lueur négative. Ainsi, en un point de l'espace obscur situé à une distance x de la cathode, l'intensité électrique est $A(D - x)$, A désignant une constante. D'où :

$$V = \int_0^D A\,(D - x)\,dx = \frac{AD^2}{2}.$$

D'après Aston, les valeurs de V mesurées directement vérifient bien cette relation, ce qui semble indiquer qu'il n'y a pas de chute brusque au voisinage de la cathode.

Le potentiel V_x à une distance x de la cathode est

$$V_x = \int_0^x A\,(D - x)\,dx = A\left(Dx - \frac{x^2}{2}\right).$$

Posant $px = y$ et remplaçant A par $\frac{2V}{D^2}$, on a

$$V_x = \frac{2V}{pD}\left(y - \frac{1}{2}\frac{y^2}{pD}\right).$$

Pour des densités de courant proportionnelles à p^2, V et pD sont indépendants de p et, par suite, V_x est seulement fonction de y. Skinner trouve, en effet, que V_x est fonction de y quand c est proportionnel à p^2.

De nombreux auteurs ont discuté la théorie de la chute cathodique sans qu'aucune explication complète ait été fournie. La condition qui doit être satisfaite pour qu'un courant stable puisse se maintenir dans un gaz, entre des électrodes parallèles, quand l'ionisation est due au choc des ions et des électrons avec les molécules gazeuses et que la recombinaison et la diffusion peuvent être négligées, a été indiquée par Townsend. Si, outre l'ionisation par choc, on suppose que les ions positifs rencontrant la cathode libèrent quelques électrons négatifs, les conditions de Townsend doivent être modifiées.

Désignons, avec l'auteur, par n_1 et ν_1 le nombre des ions positifs par centimètre cube en un point et leur vitesse, par n_2 et ν_2 les quantités analogues pour les électrons négatifs. Soient α et β les nombres de molécules ionisées respectivement par un électron négatif et un ion positif sur un parcours de 1 cm. L'intensité électrique X varie avec la distance x de la cathode en sorte que α, β, ν_1 et ν_2 ne sont pas constants. Quand un régime est établi on a, d'après Townsend [1] :

$$-\frac{d}{dx}(n_2\nu_2) + \alpha n_2\nu_2 + \beta n_1\nu_1 = 0$$

et

$$\frac{d}{dx}(n_1\nu_1) + \alpha n_2\nu_2 + \beta n_1\nu_1 = 0.$$

La densité c du courant, égale à $e(n_1\nu_1 + n_2\nu_2)$, est constante. Remplaçons $n_2\nu_2$ par $\frac{c}{e} - n_1\nu_1$:

$$\frac{d}{dx}(n_1\nu_1) - (\alpha - \beta)\,n_1\nu_1 + \frac{\alpha c}{e} = 0.$$

On en tire :

$$\frac{d}{dx}\log\left[n_1\nu_1 e^{\int_0^x(\beta-\alpha)dx}\right] = -\frac{\alpha c}{e n_1\nu_1}.$$

Posons

$$e^{\int_0^x(\alpha-\beta)dx} = Z$$

de façon que l'on ait :

$$\frac{d(n_1\nu_1 Z^{-1})}{n_1\nu_1 Z^{-1}} = -\frac{\alpha C\,dx}{e n_1\nu_1};$$

d'où :

$$n_1\nu_1 = BZ - \frac{c}{e}Z\int\alpha Z^{-1}dx,$$

B désignant une constante.

Le nombre des ions positifs qui frappent par seconde chaque cm² de cathode est égal à $n_1\nu_1$ pour $x = 0$. Désignons par $\gamma n_1\nu_1$ le nombre d'électrons mis en liberté par la rencontre de ces ions positifs avec la cathode. Pour $x = 0$, nous avons $n_2\nu_2 = \gamma n_1\nu_1$, ou

$$n_1\nu_1 = \frac{c}{(1+\gamma)e}.$$

Cette condition donne

$$B = \frac{c}{(1+\gamma)e}.$$

Désignons par S la distance entre les électrodes en sorte que pour $x = S$, $n_1\nu_1$ soit nul. On en tire

$$0 = \frac{c}{e(1+\gamma)}Z - \frac{c}{e}Z\int_0^S\alpha Z^{-1}dx$$

ou

$$\int_0^S\alpha Z^{-1}dx = \frac{1}{1+\gamma}$$

qui est la condition requise. Pour $\gamma = 0$, on retrouve la condition de Townsend.

(1) *Phys. Review*, 2e série, t. v, p. 483 et t. vi, p. 158; 1915. Voir *La Revue électrique, Littérature des Périodiques*, 7 juillet 1916, p. 4.

(2) *Proc. Roy.*, A, t. LXXXIV, 1911, p. 526.

(1) *Electricity in Gases*, 1915, p. 429.

Digitized by Google

Pour une pression faible, quand l'espace sombre de Crookes existe, l'intensité électrique est très faible dans la lueur négative en sorte que, si l'électrode positive est quelque part dans la lueur négative, on aura

$$\int_0^S \alpha Z^{-1}\,dx = \int_0^D \alpha Z^{-1}\,dx,$$

où D représente la longueur de l'espace obscur de Crookes, car α et β sont tous deux nuls quand X est très petit. On a alors

$$(3) \qquad \int_0^D \alpha Z^{-1}\,dx = \frac{1}{1+\gamma}.$$

Dans l'espace obscur :

$$(4) \qquad n_1 v_1 = \frac{c}{e} Z\left[\frac{1}{1+\gamma} - \int_0^x \alpha Z^{-1}\,dx\right]$$

$$(5) \qquad n_2 v_2 = \frac{c}{e}\left[1 - Z\left(\frac{1}{1+\gamma} - \int_0^x \alpha Z^{-1}\,dx\right)\right].$$

On a

$$\frac{dX}{dx} = 4\pi e\,(n_2 - n_1),$$

qui avec (4) et (5) devient, en posant $v_1 = k_1 X$ et $v_2 = k_2 X$:

$$\frac{dX^2}{dx} = 8\pi c\left[\frac{1}{k_2} - \left(\frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}\right) Z\left(\frac{1}{1+\gamma} - \int_0^x \alpha Z^{-1}\,dx\right)\right].$$

Posons :

$$X = pY, \quad px = y, \quad k_2 = \frac{K_2}{p}, \quad k_1 = \frac{K_1}{p},$$

$\alpha = \alpha_1 p$, $\beta = \beta_1 p$, en sorte que la relation (6) devient

$$(7) \qquad \frac{dY^2}{dy} = \frac{8\pi C}{p^2}\left[\frac{1}{K_2} - \left(\frac{1}{K_2} + \frac{1}{K_2}\right) Z_1\left(\frac{1}{1+\gamma} - \int_0^y Z_1^{-1}\alpha\,dy\right)\right],$$

avec

$$Z_1 = e^{\int_0^y (\alpha_1 - \beta_1)\,dy}$$

Dans l'équation (7), K_2, K_1, α_1 et β_1 sont tous deux des fonctions de Y seulement, car Townsend a établi expérimentalement que $\frac{\alpha}{p}$, $\frac{\beta}{p}$, v_1 et v_2 sont tous des fonctions de $\frac{X}{p}$. Il en résulte que y doit être une fonction de $\frac{X}{p}$ seulement, puisqu'il doit dépendre de la vitesse des ions positifs pour $x = 0$.

Il en résulte donc que (7) est une relation entre les trois quantités Y, y et $\frac{c}{p^2}$. On peut écrire

$$(8) \qquad Y = \Phi\left(y, \frac{c}{p^2}\right).$$

La chute cathodique V est égale à $\int_0^D X\,dx$, d'où

$$(9) \qquad V = \int_0^{pD} Y\,dy.$$

L'équation (8) montre que, pour une valeur donnée de $\frac{c}{p^2}$, Y est fonction uniquement de y, de telle sorte que pD est fonction uniquement de $\frac{c}{p^2}$, puisque pD est la valeur de y pour laquelle Y devient très petit. L'équation (9) montre donc que V est fonction uniquement de $\frac{c}{p^2}$. Si V passe par un minimum quand $\frac{c}{p^2}$ varie, il en résulte que ce minimum sera indépendant de p, que les valeurs correspondantes de c seront proportionnelles à p^2 et que les valeurs correspondantes de D seront en raison inverse de p.

Ces résultats fournis par la théorie sont précisément ceux que Aston et Skinner avaient déduits de l'expérience.

Cette théorie dont l'auteur, dans son mémoire, poursuit le développpement par quelques considérations numériques résumées en des courbes et des tableaux, fournit les mêmes résultats que celle proposée antérieurement par Skinner à condition de supposer $\beta_1 = 0$.

Moteurs pour la commande des laminoirs [1].

L'auteur rappelle d'abord que, pour faire travailler un laminoir dans des conditions satisfaisantes de rendement et d'économie, il faut que la demande d'énergie à l'usine génératrice soit aussi constante que possible ; ce résultat est à peu près obtenu par une combinaison judicieuse de régulateurs de vitesse et de volants. Moins est grande la tolérance entre la marche à vide et la marche en surcharge, plus il convient d'augmenter les dimensions du moteur et du volant ; car, par exemple, si on admet seulement un écart de 6 pour 100, le volant ne rendra que 11 pour 100 de l'énergie emmagasinée ; mais si l'écart admissible monte à 20 pour 100, on récupérera environ 36 pour 100 de l'énergie du volant qui, dans ce dernier cas, pourra être environ 3 fois plus petit que dans le premier. Le réglage du glissement de vitesse se fait par un rhéostat, qui peut rester continuellement en série avec le circuit du rotor, ou qui n'est inséré qu'aux époques où la puissance demandée atteint une valeur déterminée. Il est très important, dans le choix d'un moteur et d'un volant, de tenir compte du mode de fourniture de l'énergie, car les conditions ne sont pas les mêmes selon que la force motrice est produite dans l'atelier lui-même ou est captée sur un réseau de distribution ; mais il faut accorder une attention toute particulière aux pertes par frottement et, en général, à toutes les pertes plus ou moins constantes qui n'interviennent pas dans le rendement du laminoir. Pour beaucoup de ceux-ci, les frottements des cylindres sur eux-mêmes absorbent environ 20 pour 100 de la puissance du moteur. Pour le laminage d'une tonne d'acier, on peut compter que l'énergie dépensée par l'ensemble des frottements est environ la moitié de l'énergie totale. L'auteur donne ensuite un exemple concret de calcul d'un moteur de laminoir. Il prend comme type un moteur d'induction de 1 500 ch, 80 t : min avec un glissement de vitesse de 20 pour 100 entre la marche à vide et une marche en surcharge de 1 875 ch ; ce moteur doit entraîner un train blooming. Les calculs sont évidemment longs, mais le problème se simplifie si l'on recourt à la méthode graphique et aux abaques indiquées dans le texte. Le projet prévoit les cas où le volant est monté sur l'axe du moteur ou sur un axe indépendant ; pour ce dernier cas, l'effet varie comme $(N' - N)^2$, N' et N étant les nombres de tours par minute respectifs du volant et du moteur. Il est prudent de ne pas dépasser une vitesse périphérique de 30 m : sec pour les volants en fonte et 60 m : sec pour les volants en acier.

[1] W. KNIGHT, *Electrician*, 22 décembre 1916, t. LXXVIII, p. 370-378, 3 800 mots, 5 fig.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

Les accidents de surtension

La technique moderne se borne généralement à faire l'étude abstraite des surtensions. A diverses reprises cependant, le vœu a été formulé que les exploitants signalent les phénomènes de surtension qui se seront manifestés sur leurs réseaux. L'étude qui suit tient compte de ce vœu. Elle débute par la description sommaire de l'un des grands réseaux de distribution de France. Elle s'efforce de réhabiliter les limiteurs de tension à cylindres, qui sont tombés dans un discrédit injustifié, qui selon l'avis de l'auteur sont utilisés sans méthode et qui sont susceptibles, quand ils sont installés dans des conditions rationnelles, de rendre les plus grands services. Le mode de fonctionnement de ces limiteurs est esquissé dans la première partie de cette étude.

Cette note n'a nullement pour objet de soumettre à la critique des techniciens un système personnel ou original de protection contre les surtensions. Nous nous contenterons d'y rappeler notre expérience propre, et nous examinerons, à la lumière des idées modernes, certains phénomènes d'apparence anormale qui se sont produits ces derniers mois sur notre réseau.

Tout en reconnaissant les graves défaillances de notre système de protection, nous ne nous résoudrons pas de sitôt à le rejeter comme inutile et comme dangereux; nous nous efforcerons plutôt de le combiner avec des dispositifs plus sûrs et plus efficaces, susceptibles aussi de parer aux dangers résultant du fonctionnement même du système usité sur notre réseau, le jour où une expérience certaine aura établi la valeur et la supériorité d'appareils modernes de défense contre les surtensions.

Nous sommes éloignés encore du jour où l'accord se fera unanime sur le choix d'un appareil de protection type, voire même sur les idées générales qui auront présidé à son élaboration.

Les usines, dont il sera question dans la présente note, produisent du courant triphasé, 50 p : sec. 3 500 v.

Le réseau est entièrement souterrain : il comportait, au moment où se sont produits les troubles qui nous occupent, 360 km de câbles de haute tension et 390 km environ de câbles de basse tension. Tous ces câbles sont isolés au papier (cellulose imprégnée), triparallèles, sous enveloppe de plomb et sous armure de feuillard.

Le réseau haute tension comprend un ensemble de 17 feeders d'une section de 3×100 mm² à 3×300 mm² et d'une longueur variant de 3 à 11 km.

La capacité kilométrique de ces câbles varie de $0{,}355 \times 10^{-6}$ à $0{,}23 \times 10^{-6}$ F, cette capacité étant celle d'un toron par rapport aux deux autres reliés à la terre.

Ces mêmes capacités prennent les valeurs de $0{,}295 \times 10^{-6}$ à $0{,}195 \times 10^{-6}$ F lorsqu'il s'agit d'un toron pris par rapport à la terre, les deux autres étant isolés; elles ont enfin les valeurs de $0{,}215 \times 10^{-6}$ à $0{,}140 \times 10^{-6}$ F pour un toron par rapport à un toron voisin, le troisième et la terre étant isolés.

En prenant les chiffres de M. Brylinski, le facteur d'impédance de ces câbles varie de 2,06 pour du 3×300 mm² à 1,25 pour du 3×100 mm².

Les facteurs de réactance correspondants $\frac{\omega L}{R}$ ont les valeurs 1,80 à 0,94 et les self-inductances $3{,}2 \times 10^{-4}$, $3{,}43 \times 10^{-4}$, et $4{,}65 \times 10^{-4}$ H par kilomètre et par toron, respectivement pour du 3×300 mm², du 3×150 mm² et du 3×100 mm².

Le réseau comprend surtout du 3×100 mm² avec quelques kilomètres en 3×75 mm², 3×50 mm², 3×25 mm² et 3×15 mm² et un restant de câbles anciennement posés en 3×10 mm² et en $3 \times 7{,}5$ mm².

Un nouveau réseau à $3 \times 10\,000$ v est en voie d'installation. L'énergie est produite par deux usines distantes de 300 m environ. L'usine hydraulique actionne 16 alternateurs triphasés dont huit sont de 1250 et huit de 1500 kv-a.

L'usine à vapeur renferme six turbo-alternateurs respectivement de 1500, 1500, 3000, 4500, 7800 et 7800 kv-a.

La self-induction des alternateurs peut être estimée à $1{,}10 \times 10^{-2}$ H par phase, pour les alternateurs de l'usine hydraulique et à $1{,}25 \times 10^{-3}$ et 2×10^{-3} H pour les turbo-alternateurs de 7800 et 4500 kv-a.

Les deux usines sont raccordées par 4 câbles de 3×300 mm². Trois tableaux de feeders servent de départs aux divers câbles du réseau. Ces trois tableaux sont reliés entre eux ainsi qu'aux deux tableaux de machines par une certaine longueur de barres omnibus de forte section. Les deux usines sont reliées par des barres de cuivre nu dans les espaces couverts et par des câbles souterrains en 3×300 mm² déjà mentionnés, à l'extérieur.

A proximité des usines et à 250 m en moyenne de chacune d'elles, sont installés des survolteurs dévolteurs triphasés, à raison de un par feeder. Les uns sont du type à transformateurs statiques, les autres du type à induction double, de façon à éviter un décalage de position dans la force électromotrice de survoltage ou de dévoltage.

Digitized by Google

Théoriquement, l'usine devrait fonctionner à voltage constant : les feeders courts ou faiblement chargés seraient dévoltés, les autres survoltés.

La self-induction de ces survolteurs peut être fixée par phase à 8×10^{-5} et $6,5 \times 10^{-4}$ H pour les deux types d'appareils.

La self-inductance que nous considérons est celle qui, multipliée par la pulsation et par la dérivée de l'intensité, donne la chute de tension due à la variation du flux.

Les considérations que nous nous proposons de développer dans cette note ne sont guère influencées, d'ailleurs, par le plus ou moins de validité de ces chiffres, dont l'ordre de grandeur seul importe.

Notre canalisation de haute tension alimente un total d'environ 800 transformateurs triphasés, d'une puissance variant de 10 à 300 kw, le type de 50 kw étant largement prédominant.

Tous ces transformateurs sont à refroidissement naturel et à air libre. Chaque feeder travaille sur un réseau séparé et les secondaires des transformateurs sont, ou bien isolés, ou bien réunis par groupes de 3 ou 4 sur un réseau commun à basse tension.

Notre réseau comporte un très grand nombre de postes de manœuvre. Chacun de nos feeders aboutit à un kiosque de distribution qui divise le courant en 3, 4 ou 5 directions, avec interposition d'interrupteurs automatiques dans l'huile, à maxima et à déclenchement différé.

PROTECTION CONTRE LES SURTENSIONS. — La protection contre les surtensions accidentelles est assurée, à l'usine même, par trois jeux de limiteurs à rouleaux, monophasés, connectés entre torons et terre, et réglés, à une tension d'éclatement de 4 600 à 5 000 v.

Ces rouleaux, au nombre de sept par phase, sont faits en bronze guilloché, à forte teneur de zinc. Six d'entre eux sont fixes; le dernier est monté sur chapes déplaçables et permet de faire le réglage minutieux de la tension d'éclatement.

Des six intervalles, quatre ont des valeurs variant de 0,6 mm à 0,8 mm et deux de 1,6 mm ; la longueur totale de l'arc de décharge est de 5,90 mm.

Trois rangées de lampes à incandescence, disposées entre chaque phase et la terre, écoulent d'une façon permanente un courant de 0,5 A environ à la terre.

Le réseau est protégé par 162 postes de limiteurs, réglés comme ceux de l'usine.

Le neutre, haute tension, des alternateurs et des transformateurs est isolé.

La particularité de notre système de protection est que nous n'insérons aucune résistance entre la terre et les appareils à cylindres. Nous évitons les effets d'un courant de réseau trop intense, au travers de ces éclateurs, par l'amorçage de l'arc de surtension, en les protégeant par des fusibles d'une dizaine d'ampères.

Ce système de protection a été installé par nous dès l'année 1902, quatre ans après la mise en service de notre exploitation. Nous avons immédiatement généralisé son emploi.

Dès les premières années de fonctionnement de notre distribution, avant l'installation des déchargeurs à cylindres, nous avions cruellement souffert des effets des surtensions : nous avons relevé, jusqu'au moment de l'installation de nos postes d'éclateurs, quatorze cas d'accidents simultanés sur la haute tension qui ont été officiellement observés et retenus. Un défaut fortuit provoquait généralement deux ruptures d'isolement, en des points, souvent fort éloignés du réseau, et apparemment situés de façon arbitraire, les uns par rapport aux autres. Un certain nombre de fois, l'accident a intéressé trois points de notre réseau et plus rarement quatre.

Ceux-là seuls, qui ont la charge et la responsabilité d'une exploitation, savent quelle somme d'ennuis et d'efforts lassants représentent ces arrêts brusques, répétés et multiples de la distribution.

Dans la statistique de ces accidents, nous relevons un seul court-circuit entre spires, ou entre bobines et la terre, à nos alternateurs de l'usine hydro-électrique.

Depuis 1902, de nombreux défauts ont été relevés sur notre distribution haute tension, provoquant presque invariablement le déclenchement des automatiques divisionnaires ou généraux, ainsi que le fonctionnement d'un nombre plus ou moins grand de nos limiteurs de tension, mais n'entraînant que très exceptionnellement la mise hors service d'un second élément de notre distribution.

Disons incidemment, que la répartition des postes de limiteurs dont le fonctionnement, par suite d'un défaut d'isolement en un point du réseau, était indiqué par la fusion des plombs de protection a toujours semblé échapper à des règles définissables.

D'autres secteurs français, et non des moindres, ont installé des systèmes de protection par cylindres, semblables aux dispositions usitées sur notre réseau.

Pour éviter que les décharges du réseau ne soient oscillantes, les dirigeants de ces secteurs se sont imposé l'obligation de protéger les déchargeurs par des résistances mortes supplémentaires, la résistance totale du circuit de décharge étant prise égale ou supérieure à $\left(2 \times \sqrt{\frac{L}{C}}\right)$, L et C étant respectivement les self-inductance et capacité du circuit parcouru par l'onde de surtension.

Nous savons que l'échec de cette protection a été généralement complet, et les limiteurs n'ont pas tardé à être voués à la ferraille.

Dans le cas particulier des réseaux souterrains, la résistance totale du circuit de décharge $R \geqq 2\sqrt{\frac{L}{C}}$ ne devait en aucun cas être supérieure à une ou deux centaines d'ohms (150 ohms dans le cas de nos feeders de 300 mm²).

L'inégalité $R > 2\sqrt{\frac{L}{R}}$ signifie que la décharge est logarithmique ou non oscillante.

Si l'on insère une résistance $R > \sqrt{\frac{L}{C}}$, l'onde réfléchie est de même signe que l'onde directe et s'y super-

Digitized by Google

pose; la surtension instantanée se trouve donc accrue du fait de la présence du limiteur.

Si $R < \sqrt{\frac{L}{C}}$, l'onde réfléchie est de sens contraire à l'onde directe et s'en retranche; pour une valeur de R inférieure à certaines limites, l'ampérage qui s'écoule au travers des limiteurs peut devenir considérable et amorcer le passage du courant des machines.

Une décharge au travers de la résistance provoque en général des oscillations. Ces oscillations sont évitées dans le seul cas où la décharge se produit au travers d'un circuit de résistance $R = \sqrt{\frac{L}{C}}$.

Dans cette hypothèse, l'onde qui se transmet sur la ligne et se décharge au travers de $R = \sqrt{\frac{L}{C}}$ donne lieu à une surtension uniforme sur toute la ligne. Il est permis de trouver cette façon de faire irrationnelle, car les limiteurs sont avant tout destinés à protéger les appareils branchés sur les câbles, ces appareils supportant moins bien la tension que les câbles. Il est donc indiqué de réduire la surtension au voisinage de ces appareils, ce qui s'obtient en prenant $R < \sqrt{\frac{L}{C}}$. La pratique a sanctionné cette façon d'opérer.

Dans les circuits de protection des grandes lignes aériennes de transport, composés de un ou plusieurs conducteurs tirés parallèlement aux fils de ligne, les Américains insèrent une résistance additionnelle, dite d'amortissement, qui, ajoutée à la résistance du circuit de décharge, ne forme qu'un total égal au cinquième de la résistance critique $\sqrt{\frac{L}{C}}$ (Creighton *A. I. E. E.*).

Des accidents, répétés et retentissants, ont mis en méfiance un grand nombre de directeurs de réseaux ou de centrales à l'égard de ces résistances qui, au moment du fonctionnement des éclateurs qu'elles sont censées protéger, ont fréquemment donné lieu à des explosions à gros effets destructeurs (*Bulletin de la Société internationale des Electriciens*).

L'on sait peu de choses, somme toute, sur la façon d'être de ces déchargeurs à cylindres au moment de leur fonctionnement.

L'interrupteur automatique à rupture dans l'huile, qui est un appareil universellement employé, est l'objet, chaque jour encore, de controverses nombreuses, touchant à son mode de couper le courant; l'on est à peu près d'accord, cependant, pour admettre qu'il coupe le courant au voisinage du zéro, l'arc de rupture s'allongeant et augmentant la résistance du circuit, de façon à limiter l'ampérage, au moment de l'interruption, à une valeur pratiquement nulle.

L'arc multiple qui se forme dans nos déchargeurs à rouleaux joue vraisemblablement un rôle analogue.

La détermination de la résistance des éclateurs a fait l'objet d'études nombreuses. Cette résistance dépend d'un grand nombre d'éléments dont les principaux sont : la nature et la forme des éclateurs, la distance explosive, le nombre d'intervalles, l'ampérage et la capacité des cylindres. Les électrodes en laiton sont parmi les plus résistantes. Leur résistance équivalente est de l'ordre de 2,5 ohms par millimètre de distance explosive.

Feldmann indique pour des limiteurs qui ne comprennent qu'un faible nombre de cylindres (4 cylindres distants l'un de l'autre de 0,8 mm) 2 000 v alternatifs pour chaque intervalle et de 5 000 v à 6 000 v pour les quatre.

Au moment du jaillissement de l'arc, le voltage consommé dans chacun des arcs partiels qui relient les cylindres, est de 16 v.

Ce même auteur a relevé à l'oscillographe des ampérages de 435 A au travers des limiteurs en fonctionnement.

Sur un réseau de l'importance du nôtre la périodicité de la décharge de nos éclateurs n'est pas élevée. Théoriquement même, il y a danger de résonance avec l'harmonique fondamental de notre distribution, ainsi qu'il est facile de le montrer. En effet, la capacité du circuit de décharge est de l'ordre de

$$0,25 \times 400 \times 10^{-6} = 1 \times 10^{-4} \text{F}.$$

La self-inductance à faire intervenir dépend de la situation du limiteur par rapport à l'usine, ou par rapport à la terre ou au court-circuit, suivant que l'onde vient de l'usine ou de l'endroit où s'est produit le défaut; dans le premier cas, elle comprend toute la self-inductance du câble, depuis l'endroit de sa décharge jusqu'à l'usine; ensuite une fraction de la self-inductance combinée de l'ensemble des feeders restants partant de l'usine ainsi que de leur réseau particulier; mais ces selfs-inductances ne sont pas celles qui ont été indiquées plus haut pour nos câbles de réseau; elles sont celles de câbles qui porteraient le courant par un seul de leurs torons avec retour par la terre, de façon que ce circuit intéresse et magnétise le fer de l'armure. Cette self-inductance dépend, comme l'on sait, de l'intensité du courant et de la périodicité; ce n'est pas une constante pour un circuit donné.

Les considérations développées dans l'étude de Boucherot sur les résonances des harmoniques des réseaux, mis accidentellement à la terre en un point éloigné de leur parcours, restent entièrement valables dans notre cas particulier. En ne comptant que le feeder qui transporte tout le courant de décharge, en lui assignant une longueur de 9 km, en multipliant, comme le fait Boucherot, par 10 la self-inductance linéaire pour tenir compte de l'influence de l'armure de fer, en négligeant, d'autre part, toute résistance ohmique et tout amortissement, la période oscillatoire naturelle du circuit se rapproche de celle de l'harmonique principal. Dans ce cas en effet

$$n = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} =$$

$$\frac{1}{6,28\sqrt{1 \times 10^{-1} \times 7 \times 10^{-4} \times 3,5 \times 9 \times 10^{-4} \times 10}}$$

= environ 50.

Digitized by Google

Toute l'énergie de nos alternateurs serait donc utilisée à faire résonner le circuit qui passe par celui de nos limiteurs qui, se trouvant placé à 9 km de l'usine, drainerait le courant de décharge de notre réseau, suivant un chemin qui réalise approximativement les hypothèses, donnant lieu à résonance parfaite.

Nos alternateurs, qui sont de construction assez ancienne, possèdent un trou par pôle et par phase; ils ont donc des harmoniques de rang $2m \pm 1$, soit 5 et 7, fort développés.

D'autre part, nos 162 postes de limiteurs sont répartis sur toute la surface de notre réseau. Lors d'un récent accident, 29 de ces postes sont entrés en action; il semblerait donc que les conditions de résonance, soit de l'harmonique fondamental, soit de l'un des harmoniques principaux, soient forcément remplies en cas de terre pour un ou plusieurs postes de limiteurs.

Or, toutes nos installations sont toujours en pleine activité et en complète vitalité. Si elles ont échappé à la destruction, dont les menacent à chaque fonctionnement les terres qui se produisent dans les kiosques renfermant des limiteurs, terres provoquées en quelque sorte par le mode très particulier de notre exploitation, c'est que l'hypothèse de la périodicité des décharges de nos limiteurs est erronée; que la résistance, qui s'introduit dans le circuit du fait de leur fonctionnement, imprime à la décharge un caractère logarithmique, ou tout au moins que l'amortissement des oscillations est d'une importance telle, que celles-ci sont éteintes dès la première période.

L'étude expérimentale si intéressante, faite par A. Léauté sur le fonctionnement des éclateurs, n'infirme en rien nos conclusions.

Le caractère oscillatoire du courant qui se produit, lors de l'éclatement de l'arc, et qui est décelé soit au détecteur d'ondes, soit par la comparaison des indications de l'oscillographe sensible aux faibles alternances, et de celles d'un ampèremètre thermique sensible à la somme des intensités efficaces des courants de toute périodicité, est dû au fonctionnement même du déchargeur et est indépendant, dans une certaine mesure, des constantes du circuit dans lequel est inséré le limiteur. La tenue de l'arc d'éclatement rappelle celle de l'arc chantant ou sifflant.

Le caractère de l'arc ou de l'étincelle électrique a été étudié, de même que leur résistance par un grand nombre d'expérimentateurs.

La résistance de l'étincelle dans un circuit oscillant dépend d'un grand nombre d'éléments : l'introduction d'une résistance supplémentaire de 0,75 ohm, par exemple, fait monter au double de sa valeur à peu près la résistance de l'étincelle qui fait partie d'un circuit de décharge (Eickhoff).

L'arc chantant, qui a été l'objet de très substantielles études de Blondel, présente irréfutablement le caractère oscillatoire; la pseudo-période oscillatoire est donnée par la relation $T = 2\pi\sqrt{LC - R^2}$.

L est la self-inductance d'un toron parcouru par le courant oscillatoire, depuis l'endroit du défaut jusqu'à l'éclateur; C est la capacité d'un toron par rapport à un toron voisin ou par rapport à la terre, cette capacité s'étendant à tout le réseau; R correspond au circuit pour lequel nous avons déterminé L.

Les chemins du courant de décharge sont très nombreux dans un réseau industriel; à chacun de ces chemins correspond une périodicité différente. Toutes les alternances ainsi définies sont de périodicité relativement faible.

L'arc qui se forme entre électrodes métalliques est généralement discontinu ou sifflant. Sa période oscillatoire peut varier dans de grandes proportions; là où la self-inductance et la capacité du circuit de décharge sont élevées, ce qui est le cas des grands réseaux, la périodicité de l'arc est faible; l'arc après extinction a le temps de se refroidir et le réamorçage ne se produit à nouveau que tard dans la période fondamentale suivante. Les constantes du circuit d'alimentation déterminent les intervalles entre les groupes d'oscillations; celles-ci dépendent des circuits oscillants. Certaines oscillations paraissent être de périodicité anormale.

Dans le cas simple d'un circuit de Thomson (fig. 1) comprenant une bobine de self mise en série avec une

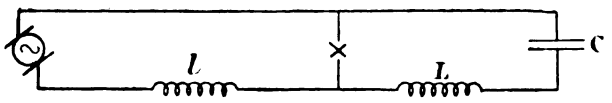


Fig. 1.

capacité, l'on a relevé deux périodicités bien distinctes; Léauté a montré que ces deux périodicités résultaient de l'existence de deux circuits de décharge en parallèle; le premier renfermant toute la bobine de self, tandis que l'autre se refermait dès l'entrée de la bobine près de l'une de ses extrémités, par un effet de capacité de couche à couche de spires.

Le réamorçage de l'arc donne lieu à un lancer de l'aiguille de l'oscillographe, indiquant une surtension assez notable; l'extinction de l'arc provoque de même une surtension momentanée.

Ces oscillations, tout en comportant des surtensions à grande périodicité, ne sont pas dangereuses, à notre avis, pas même au moment de l'extinction définitive de l'arc, ni au moment de la fusion d'un plomb de sûreté. La fusion en court-circuit sur un réseau continu 125 V d'un plomb de 20 A développe, d'après Oelschlager, une extratension de rupture de 800 V. La formule $\frac{CE^2}{2} = \frac{LI^2}{2}$ n'est plus applicable dans le cas présent, mais bien $L\frac{dI}{dt}$. La décroissance de I étant très rapide, la surtension instantanée $L\frac{dI}{dt}$ peut être très élevée.

Pratiquement, sur un réseau de l'importance du nôtre les fusions des plombs primaires aux transformateurs sont très fréquentes. Nous n'avons cependant jamais constaté la moindre rupture de l'isolement sur l'un des très nombreux enroulements des transformateurs que nous avons en service.

Digitized by Google

Nous montrerons dans la suite de cette étude que ce n'est pas la rupture définitive de l'arc de court-circuit ou de l'étincelle de l'éclateur qui semble être la cause des accidents qui nous occupent, mais plutôt la persistance de cet arc.

Si donc la ou les périodicités des oscillations de l'arc métallique sont fonctions en définitive des constantes des circuits, self-induction et capacité en série, qui les shuntent, il doit en être de même de la décharge des limiteurs. Ceux-ci se seraient sans doute comportés quelque peu différemment quant à la périodicité des décharges dans l'essai de Léauté, si cet essai avait été entrepris dans les conditions d'installation de la pratique industrielle.

Nous faisons le réglage de nos limiteurs en les mettant aux bornes haute tension d'un transformateur dont le voltage est poussé graduellement jusqu'à la valeur du réglage; le caractère oscillatoire à grande périodicité de la décharge devient manifeste, dans ce cas, si l'on compare la grosseur des étincelles du côté « réseau » à la ténuité de celles qui se produisent du côté « terre » dans les limiteurs.

En résumé, l'arc électrique, qui se produit par suite de la décharge des limiteurs de tension, est à 100 alternances sur un réseau à 50 périodes; dans chaque alternance se produisent des oscillations de périodicité régulière qui sont, en général, définies par les constantes des nombreux circuits de décharge que peut suivre le courant de l'arc, et qui donnent lieu à des surtensions plus ou moins marquées ; à chaque alternance il y a, au moment du rallumage de l'arc, un lancer dans la courbe des surtensions, et un autre lancer généralement plus important encore au moment de l'extinction de l'arc. Deux fois par période, au moins, le réseau se trouve mis à la terre au travers de l'arc de décharge à chacun des points de fonctionnement des limiteurs. Ceci est fort utile à retenir.

Une chose est évidente et certaine, c'est que les fortes résistances, de l'ordre de plusieurs dizaines de milliers d'ohms, que l'on insère dans les circuits de décharge, sont inutiles et que leur présence annule complètement l'effet de protection des limiteurs.

Une surtension fortuite met un temps très appréciable à se décharger au travers d'une résistance de plusieurs milliers d'ohms, ainsi qu'il est facile de le démontrer, tandis que le percement d'un isolant solide n'exige qu'une fraction de seconde beaucoup plus faible de l'ordre de quelques millionièmes.

Blondel conseille, il est vrai, d'installer un grand nombre de limiteurs munis de fortes résistances; chacun d'eux aiderait à écouler une fraction de la surtension. Cette disposition nous paraît peu pratique en dehors des usines ou des postes importants.

Léauté a montré que l'insertion de ces fortes résistances dans le circuit des éclateurs n'arrive même pas à limiter le courant de décharge, au travers de ces appareils, à une valeur suffisamment faible pour éviter soit la détérioration des cylindres, soit la fusion des plombs qui les protègent.

Les constructeurs n'en continuent pas moins à vendre sans hésitation des systèmes tout montés de limiteurs pour tous voltages, régulièrement munis de résistances de plusieurs dizaines de milliers d'ohms; l'exploitant les installe généralement sans conviction et ne cherche qu'à les rendre entièrement inoffensifs.

Le fait qu'une terre, se produisant en un point quelconque de nos réseaux, s'accompagne du fonctionnement d'un grand nombre de nos limiteurs, pourrait s'expliquer évidemment par la propagation de proche en proche des effets dus aux terres supplémentaires créées par les parafoudres ou les limiteurs entrant en jeu à la suite de la première terre accidentelle.

L'on ne voit pas, a priori, pourquoi cette propagation ne s'étendrait pas à tout le réseau, pourquoi, en d'autres termes, le maléfice perdrait de sa vertu, de son acuité, sous l'effort combiné et multiplié des éléments qui, pris isolément, sont susceptibles de faire entrer en jeu les éléments voisins, voire même de développer des surtensions fatales à la bonne conservation de la distribution.

Quoi qu'il en soit, là où d'autres, qui avaient inséré une forte résistance additionnelle dans les circuits de décharge, n'ont éprouvé que des mécomptes, nous avons obtenu, nous, sans ces résistances, un effet de protection contre les surtensions, net, assuré, complet et sans défaillances.

Ce système nous a donc inspiré, jusqu'à ce jour, la plus entière confiance.

Récemment, cependant, plusieurs accidents très graves par l'étendue, la variété et l'importance des dégâts qu'ils ont occasionnés, sont venus nous démontrer que la protection par limiteurs, que nous continuons toujours de considérer comme très efficace et même sans danger, n'est pas suffisante pour défendre le réseau contre les effets destructeurs de certaines surtensions dont la production et la propagation, suivant certaines lois, doivent être prises en considération dans toute exploitation moderne.

Deux importants accidents seront décrits et expliqués dans la suite de cette étude. Ils montreront que la seule protection par des limiteurs de tension à étincelle disruptive est insuffisante et que des moyens de préservation supplémentaires s'imposent.

Le diagnostic du mal étant posé, les remèdes sont à la portée des recherches des techniciens.

Ces remèdes sont indiqués nettement par l'auteur comme conclusion aux recherches expérimentales et techniques entreprises dans cette dernière décade par des spécialistes en la matière, et qui sont résumées dans ces notes.

A suivre.

J. Sarolea,
Directeur technique de la Société Lyonnaise des Forces motrices du Rhône.

Digitized by Google

Connexions de fortune pour transformateurs

Dans les réseaux de distribution d'énergie électrique, il se présente fréquemment des problèmes réclamant une solution prompte, sinon immédiate, pour assurer la continuité du service. Il ne peut donc s'agir, pour l'ingénieur d'exploitation, de rechercher le dispositif le plus rationnel mais réalisable seulement au moyen d'appareils spéciaux, comme il le ferait pour une installation première. Le facteur « temps » est primordial dans le cas envisagé, et l'on doit s'attacher avant tout à tourner les difficultés par l'emploi du matériel existant ou de construction tout à fait normale, c'est-à-dire pouvant être obtenu à court délai.

L'auteur décrit ici un certain nombre d'artifices réalisables au moyen de transformateurs de série existant en stock et permettant de répondre rapidement aux nécessités les plus habituelles sur les réseaux à courant alternatif. Plusieurs des dispositifs exposés ont reçu la consécration d'une assez longue durée de fonctionnement continu, ce qui est la meilleure garantie de leur efficacité.

Les devoirs de l'ingénieur et de l'exploitant, avec les applications universellement répandues aujourd'hui de l'énergie électrique, se sont accrus sans cesse, en mettant ceux-ci en présence d'une grande variété de problèmes qui nécessitent une solution presque instantanée. Les accidents de marche des appareils ou les incidents du service courant sont inévitables dans toute installation, et il faut en tous cas y porter remède avec promptitude et ingéniosité.

L'un des cas où l'art de l'ingénieur est mis le plus souvent à contribution se rencontre dans l'emploi des transformateurs, lorsque la nature de l'installation nécessite, soit un voltage inusité, soit une transformation de phases que l'on ne peut obtenir facilement des appareils « standard » généralement en stock ou livrables rapidement, ou bien lorsqu'il s'agit d'une interruption de service causée par l'avarie de quelque transformateur spécial malaisément remplaçable; dans les deux cas un remplacement de fortune est absolument nécessaire pour la reprise du service.

Prises aux transformateurs. — Les transformateurs pourvus de prises spéciales autres que les prises habituelles de réglage ne sont pas de construction normale et par suite ne peuvent être trouvés immédiatement en stock ou en fabrication; leur construction nécessite des délais supplémentaires et elle est d'un prix de revient plus élevé.

Les prises spéciales sont critiquables pour différentes raisons. Pour le constructeur, c'est une source de grands ennuis que de loger la prise au point adéquat de l'enroulement, de sorte qu'elle puisse être amenée au dehors sans difficultés sérieuses et sans altérer la rigidité diélectrique de l'isolement ou l'équilibre interne de l'appareil; il est amené à réduire ainsi le degré de résistance aux actions électrostatiques et électromagnétiques de l'appareil.

Les dépenses supplémentaires de construction dues à l'adjonction des prises spéciales ne proviennent pas seulement du prix de ces connexions supplémentaires, qui en lui-même serait peu important, mais aussi des dépenses provenant de l'étude spéciale et des dispositions qu'il faut prendre pour se conformer aux modèles « standard » adoptés maintenant pour tout type de transformateur perfectionné, lesquels sont calculés et construits pour les exigences des services les plus sévères, en vue d'assurer la continuité et la sécurité du fonctionnement.

Les plus grands efforts internes se produisent dans un transformateur aux extrémités de ses enroulements, et la pratique générale est maintenant de renforcer l'isolement en ces points, en évitant toute prise ou connexion avec l'extérieur. Dans la plupart des types modernes de transformateurs, les prises de réglage de tension ont été reportées à la région des efforts minima, soit au milieu des enroulements, comme l'indique la figure 1.

Il est évident que la sortie d'une prise spéciale près de l'extrémité des enroulements, comme par exemple

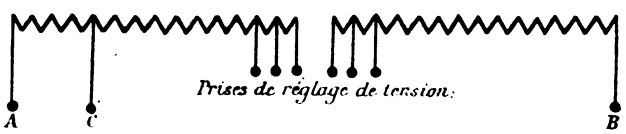


Fig. 1. — Emplacement des prises de transformateurs.

en C, nécessite une extension du renforcement du diélectrique, ou alors le sacrifice de la rigidité de l'isolement aux dépens d'une sécurité moindre. De plus, le transformateur ayant ses enroulements connectés au voltage de la ligne en C et en B, le surplus CA de la branche agira comme un auto-transformateur ouvert à une extrémité et avec en A une tension en excès sur celle de la ligne d'une quantité correspondant au rapport des nombres de spires de CA et CB; il en résulte un effort inutile sur l'isolant en cette partie du bobinage et à la borne, circonstance très critiquable, surtout dans les transformateurs à tension élevée.

Les transformateurs à prises spéciales doivent être évités, autant que possible, sauf lorsqu'il est impossible matériellement de se dispenser de cette adjonction.

Dans la majorité des cas, il est possible de compenser extérieurement le manque de prises extérieures à un transformateur, et d'assurer cependant les mêmes résultats sans entrer dans les dépenses et la complication

Digitized by Google

d'appareils construits spécialement. Ce caractère est particulièrement apprécié dans le cas de connexions de fortune.

Connexion Scott de fortune. — Il n'est pas nécessaire d'expliquer de nouveau ici pourquoi il faut une prise à 86,6 pour 100 sur le transformateur d'excitation, et une prise à 50 pour 100 sur le transformateur principal pour connecter ces deux appareils selon la méthode Scott de changement de phases.

Il suffira de dire qu'on emploie le montage Scott dans un grand nombre de cas où l'on désire une transformation de phases et de voltage ; cette méthode serait pourtant plus employée encore si la prise à 86,6 pour 100 n'était pas nécessaire. Dans beaucoup d'exemples, deux transformateurs sont simplement reliés en T, en l'absence de toute prise spéciale, celle à 50 pour 100 s'obtenant facilement dans presque tous les transformateurs dont les enroulements comprennent au moins deux colonnes. Tenter de réaliser une sortie de fortune à 86,6 pour 100 est vain dans la plupart des cas et il n'apparaît pas d'autre ressource que d'employer la connexion en T.

Les inconvénients résultant de la connexion en T, en ce qui concerne le voltage secondaire, en plus de la distorsion de phases et d'autres troubles de dénominations variées, sont bien connus et constituent toujours une source de désagréments et de plaintes.

Considérant d'abord le cas d'un courant triphasé à haute tension devant être transformé en un courant diphasé à basse tension, on trouve que l'absence de la prise à 86,6 pour 100 sur le transformateur d'excitation de l'ensemble des deux transformateurs ayant leurs enroulements à haute tension connectés en T, réalise les conditions représentées sur la figure 2, soit une différence de 13,4 pour 100 dans le voltage des phases A et B.

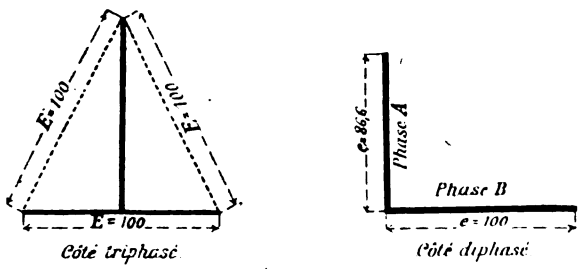


Fig. 2. — Relation entre les tensions et es phases de deux transformateurs connectés en T.

Puisque l'on a une différence de 13,4 pour 100 entre les voltages des deux branches du système diphasé, il est nécessaire simplement de survolter une branche ou de dévolter l'autre pour égaliser le potentiel des phases.

La solution du problème se trouve ainsi simplifiée et réduite à la liaison d'un transformateur en série avec une des branches, de manière à augmenter ou diminuer le voltage de la quantité convenable comme l'indique la figure 3.

L'énergie diphasée à basse tension étant par exemple à 2 300 v, on trouve 2 300 v sur une branche et seulement

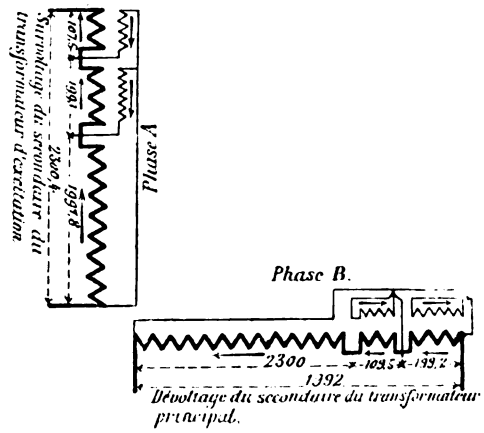


Fig. 3. — Connexions pour survoltage ou dévoltage.

$2\,300 \times 0{,}866 = 1\,991{,}8$ sur l'autre, correspondant au transformateur excitateur.

Prenant deux transformateurs du type sur poteau, l'un de 2 200/220 v, l'autre de 2 200/110 v, ayant une puissance globale égale à au moins 13,4 pour 100 de celle du transformateur A ou B, et connectant ces deux transformateurs avec leurs secondaires en survolteur-série à l'extrémité du transformateur A, il sera possible d'équilibrer extérieurement la tension de la phase A.

On obtient ce résultat de la manière suivante : le primaire du premier survolteur étant branché sur 1991,8, et son rapport étant de 10 à 1, il augmentera le voltage dans le secondaire en série avec A d'une valeur égale à $\frac{1991{,}8}{10} = 199{,}18$, c'est-à-dire de 1991,8 à 2 190,9 v. De même le primaire du second survolteur étant branché sur 2190,9 v et son rapport étant de 20 à 1, le voltage sera de nouveau augmenté de 109,5 v, ce qui donne un total de 2300,48 v dans la phase A.

La tension sur la phase A sera alors supérieure de 1,2 v à celle de la phase B au moins en théorie, car, en pratique, ceci ne s'apercevra guère.

Si l'on trouve préférable de dévolter la phase B au lieu de survolter la phase A, le même résultat d'équilibrage de la tension s'obtiendra avec les deux transformateurs type poteau, en les connectant à la suite du transformateur B et en dévoltant la phase B de 308,6 v c'est-à-dire en réduisant la tension de 2 300 à 1 991,4 v, en inversant les connexions primaires des transformateurs.

Une objection qui pourrait être soulevée par un homme strict sur les responsabilités, au sujet de l'emploi des transformateurs du type sur poteau que nous avons choisis parce qu'ils peuvent être généralement pris dans le stock, c'est qu'ils seront soumis à une tension excessive de 2 300 v appliquée entre masse et enroulements secondaires. A cela nous pouvons répondre que tous les transformateurs à 2 200 v de conception et de construction modernes sont prévus pour supporter conti-

Digitized by Google

nuellement sans détérioration un voltage de 5 000 v soit entre chacun des enroulements, soit entre enroulements et la masse. Nous pouvons de plus faire ressortir le fait que dans notre cas il y aura une différence de potentiel inappréciable entre enroulements, et beaucoup moindre qu'en fonctionnement normal.

Lorsque les conditions sont inversées, c'est-à-dire dans le cas d'une haute tension diphasée à transformer en basse tension triphasée, on peut employer aussi bien un autre mode de connexions indiqué sur la figure 4, en

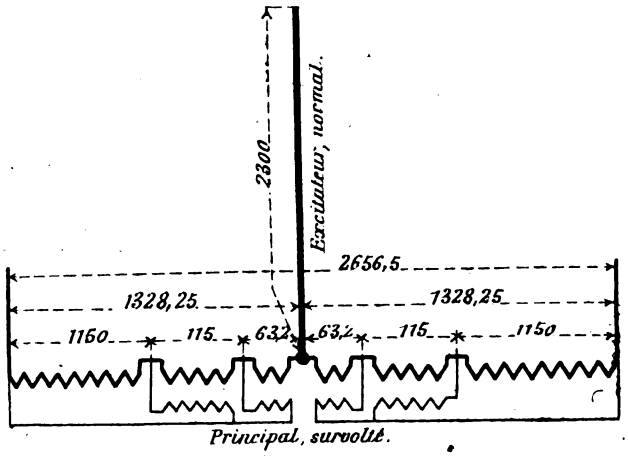


Fig. 4. — Connexion Scott équivalente avec survoltage du transformateur principal.

augmentant le voltage du transformateur principal au transformateur d'excitation, soit de 100 à 86,6.

Ce genre de connexions est un peu plus compliqué que celui précédemment décrit et consiste à diviser en deux à la fois le primaire et le secondaire des transformateurs survolteurs et à connecter le transformateur excitateur au milieu de l'enroulement secondaire des survolteurs.

Il serait plus facile de réduire le voltage de l'excitateur en employant de nouveau, dans le cas d'une distribution à 2 300 v, les deux transformateurs de poteau connectés à l'extrémité de l'enroulement de l'excitateur, ainsi que l'indique la figure 5.

Pour un grand rapport des tensions, le mode de connexions, suivant la figure 5, est préférable, parce que les extrémités des gros transformateurs sont mieux protégées contre les surtensions par un isolement additionnel. Dans des cas de cette nature, il serait préférable de connecter les transformateurs dévolteurs entre l'extrémité inférieure du transformateur d'excitation et le milieu du transformateur principal.

Lorsque, par exemple, une puissance à haute tension doit être transformée de diphasé en triphasé à 6 600 v, avec le schéma représenté sur la figure 5, le voltage appliqué à la fois au transformateur principal et à celui d'excitation serait de 6 600 v, tandis que le voltage de l'excitateur ne devrait être que de 5 715 v, soit une différence de 885 v. Deux transformateurs de 6 600/440 v connectés avec leurs secondaires en série et leurs primaires en parallèle, mais inversés, réduiront le voltage du transformateur d'excitation à 5 720 v.

Il y a naturellement des limites à l'emploi de ces con-

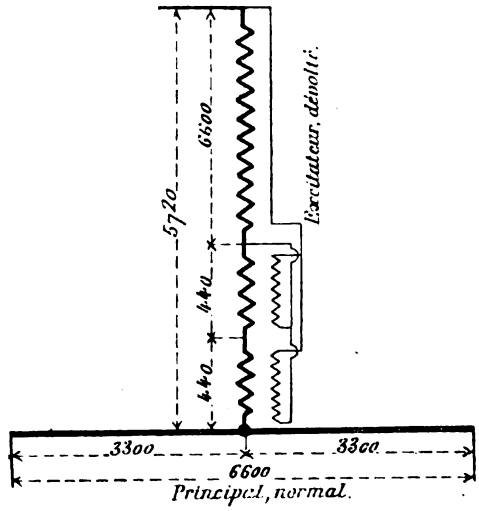


Fig. 5. — Connexion Scott équivalente avec dévoltage du transformateur excitateur.

nexions de fortune lorsqu'elles sont appliquées aux hautes tensions, et on doit apporter toute son attention spécialement à la question des efforts imposés à l'isolant des transformateurs auxiliaires, afin d'éviter les accidents.

On reconnaîtra cependant que, dans la majorité des cas rencontrés dans la pratique, les dispositifs qui viennent d'être décrits sont d'un grand secours, au moins pour des installations temporaires. L'auteur a employé ces différents modes de connexions en maintes occasions avec d'excellents résultats, et dans plusieurs cas pour un service permanent s'étendant maintenant sur une période de trois ans.

Survoltage des lignes. — Très souvent il arrive qu'un feeder demande un voltage supérieur pour compenser une chute de potentiel en ligne excessive, due généralement à un accroissement de charge, circonstance

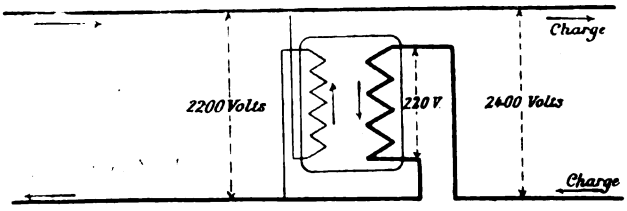


Fig. 6. Connexion pour augmenter le voltage d'un feeder.

indiquant une section insuffisante des conducteurs. Toutefois, soit parce que la charge additionnelle est de caractère temporaire, soit pour toute autre raison, on préférerait augmenter le potentiel de ce feeder particu-

Digitized by Google

lier plutôt que d'ajouter du cuivre à la ligne. En attendant une décision ultérieure concernant les améliora-

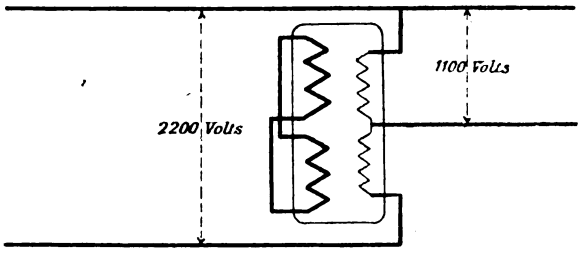


Fig. 7. — Connexion compensatrice pour élever ou abaisser la tension dans le rapport de 1 à 2.

tions, une prompte action est nécessaire avec les plus faibles dépenses possibles.

Un progrès immédiat est possible par l'installation, en

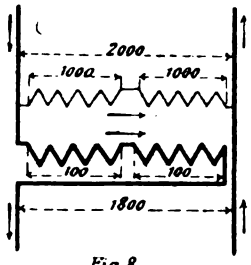


Fig. 8
Dévoltage 20%.

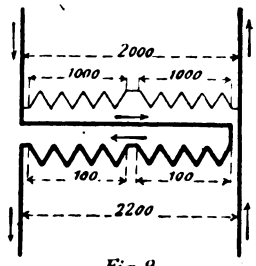


Fig. 9.
Survoltage 20 %

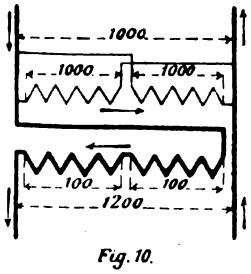


Fig. 10.
Survoltage 20%.

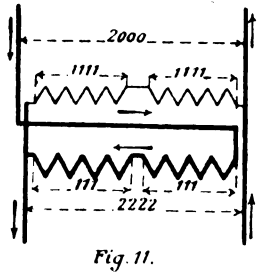


Fig. 11.
Réglage précis.

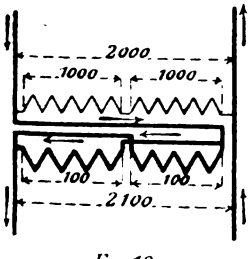


Fig. 12.
Survoltage 10 %.

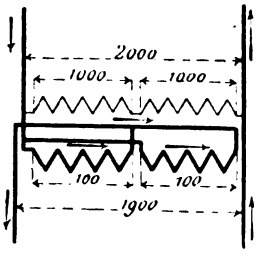


Fig. 13
Dévoltage 10 %.

Fig. 8 à 13. — Connexions compensatrices monophasées au moyen de transformateurs « Standard ».

un point convenable de la ligne, d'un ou de plusieurs transformateurs survolteurs du même type que les transformateurs en usage sur le circuit en question, branchés comme l'indique le schéma de la figure 6 pour un feeder monophasé.

En employant deux transformateurs survolteurs ou plus, et en réglant leurs connexions et prises de réglage de tension, il est possible de survolter la ligne pratiquement de n'importe quelle valeur.

La puissance en kilovolts-ampères des transformateurs

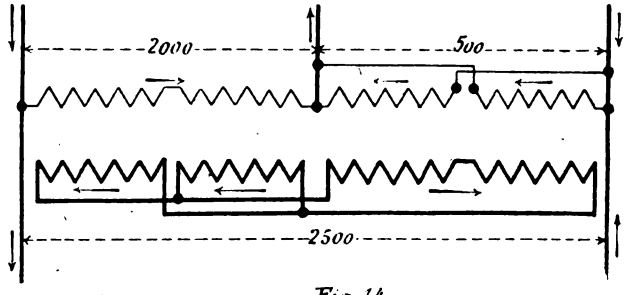


Fig. 14.
2000 à 2500 ou 2500 à 500 ou 2500 à 2000.

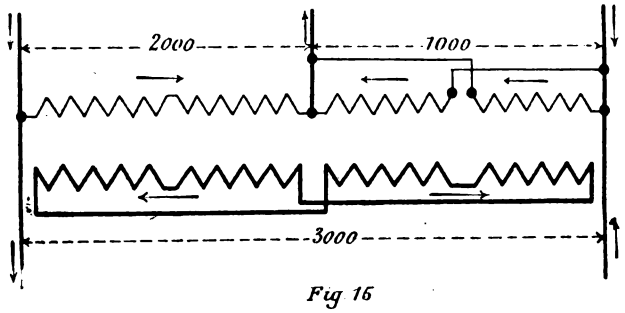


Fig 15
2000 à 3000 ou 3000 à 1000 ou 3000 à 2000.

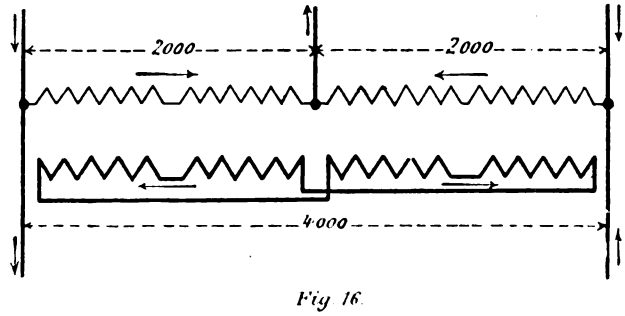


Fig 16.

Fig. 14 à 16. — Connexions compensatrices monophasées.

survolteurs doit être en tout cas suffisante pour qu'ils puissent supporter dans leurs secondaires le courant total de ligne qui doit être survolté.

Pour des lignes diphasées, on peut employer avec des résultats aussi satisfaisants le même genre de connexions que pour des lignes monophasées.

S'il devient nécessaire plus tard d'améliorer la situation du feeder en ajoutant du cuivre, ou si pour quelque autre raison il devient inutile d'augmenter le voltage de la ligne, les transformateurs survolteurs peuvent être

Digitized by Google

enlevés et employés ailleurs puisque ce sont des transformateurs standard de distribution.

On peut encore employer des transformateurs comme compensateurs élévateurs ou abaisseurs, en particulier pour le rapport de 1 à 2. Les schémas des figures 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 et 16 donnent des exemples d'installations de ce genre. Pour réduire l'impédance et la dispersion magnétique entre les enroulements primaires, il est préférable de connecter les bobines secondaires en parallèle.

Connexions d'équilibrage en triphasé. — Pour élever ou abaisser la tension de ligne sur les réseaux polyphasés, on peut connecter des transformateurs standard de façon à répondre à la plupart des nécessités pratiques imposées par les conditions d'exploitation. Sur

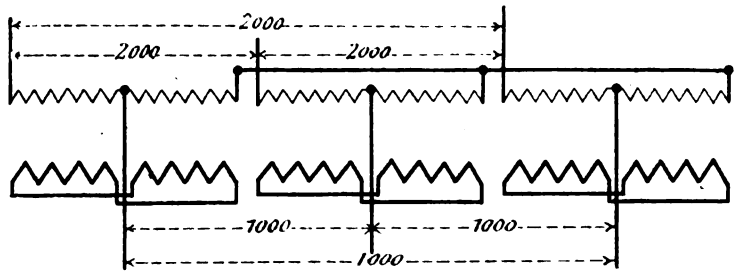


Fig. 17.

Abaissement de 2000 à 1000 ou élévation de 1000 à 2000.

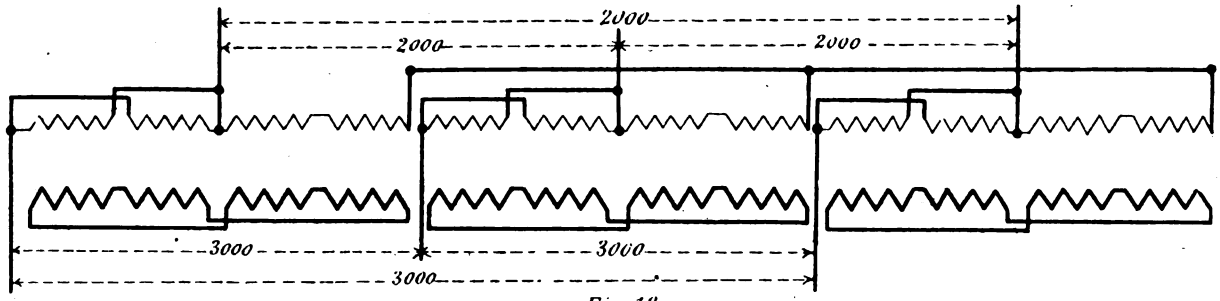


Fig. 18.

Abaissement ou élévation de 2000 à 3000 avec connexions en étoile.

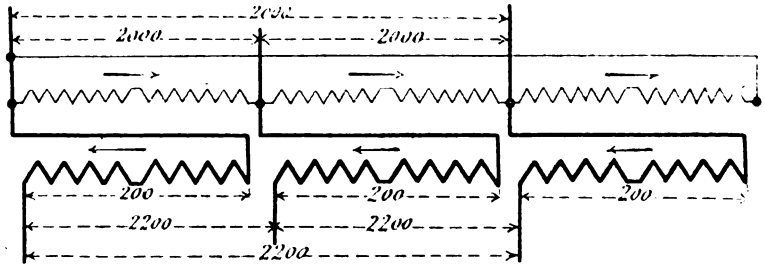


Fig. 19.

Survoltage ou dévoltage de 10 %.

Fig. 17 à 19. — Connexions compensatrices polyphasées au moyen de transformateurs « Standard ».

la figure 17 une connexion compensatrice triphasée avec rapport 1 à 2 est indiquée pour l'abaissement de la tension de ligne de 2 000 à 1 000 v. ou son relèvement de 1 000 à 2 000 v, les transformateurs étant connectés en étoile. La figure 18 représente une connexion similaire pour monter de 2 000 à 3 000 v ou descendre de 3 000 à 2 000 v; ces transformateurs sont également en étoile.

La connexion en triangle de ces transformateurs changerait le rapport de transformation de 1 à 2,645. Dans le branchement en compensateur, la capacité est déterminée par celle des bobines en série avec chaque ligne. En augmentant le nombre de bobines ou le nombre des transformateurs, et leurs tensions et prises, on peut augmenter le nombre de combinaisons suffisamment pour répondre à toutes les exigences de la pratique.

Pour le survoltage d'une ligne triphasée, on peut employer très avantageusement, pour compenser la chute de tension due soit à une charge excessive, ou à un faible facteur de puissance, ou à des conducteurs insuffisants, une connexion suivant la figure 19 qui est une adaptation en monophasé de la figure 6. Un ou plusieurs transformateurs avec leurs secondaires en série avec la ligne

Digitized by Google

peuvent être branchés de manière à compenser toute chute de tension trouvée en pratique, en choisissant convenablement le voltage secondaire et la combinaison de connexions.

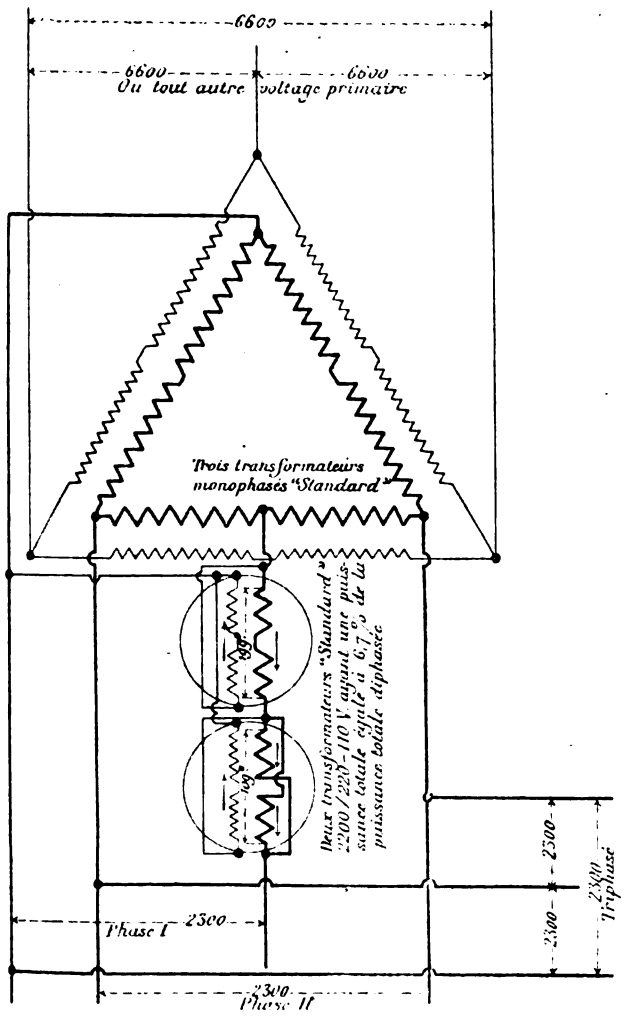


Fig. 20. — Connexion en triangle de transformateurs pour transformation de tension et de phase de façon à débiter simultanément des courants diphasés et triphasés.

Transformation de phase et de voltage. — Les figures 2, 3, 4 et 5 ont montré des connexions Scott de fortune avec le système triangle-T. Il est également possible d'obtenir, d'une installation de transformateurs triphasés, simultanément du triphasé et du diphasé en effectuant une prise à 50 pour 100 sur le secondaire de l'un des transformateurs. Cette prise donnera une tension égale à seulement 86,6 pour 100 de celle de l'autre phase qui sera élevée au voltage secondaire total par l'emploi de deux petits transformateurs, comme l'indique la figure 20 et comme il a déjà été expliqué pour le survoltage d'une phase dans le branchement Scott. La puissance totale des transformateurs survolteurs doit être égale au moins à 6,7 pour 100 de la puissance diphasée totale pour pouvoir supporter le courant total d'une phase du système diphasé.

Une description complète de ce mode utile de connexion a été donnée par l'auteur dans le numéro d'août 1915 des « Proceedings of the American Institute of Electrical Engineers » et reproduite dans « La Revue électrique » du 18 août 1916, p. 111.

Le primaire des transformateurs peut être connecté en étoile ou en triangle, et bobiné pour n'importe quel voltage. On peut relier des générateurs diphasés et triphasés au secondaire d'un système de transformateurs connectés en triangle-T et les faire travailler en parallèle d'une manière satisfaisante, soit qu'ils alimentent une phase ou l'autre, soit qu'ils débitent sur le primaire triphasé ou vice versa.

Un grand nombre de combinaisons de transformation de voltage et de réglages peuvent s'effectuer avec des transformateurs monophasés convenablement choisis quant à leur capacité, leur nombre d'enroulements et leur tension. On peut encore obtenir des transformations multiples de phase et de voltage grâce à des connexions spéciales judicieusement faites. Dans tous les cas, il est nécessaire de se livrer à une étude préliminaire du problème, car en général il y a plusieurs solutions possibles, et un bon jugement est nécessaire pour effectuer la sélection finale.

George-P. Roux,
Ingénieur-conseil à Philadelphie (Pa).

Règles britanniques d'unification pour les machines électriques

Ce résumé des Règles britanniques, dû à l'obligeance du Secrétaire du Comité électrotechnique français, nous semble une excellente préparation pour les intéressés qui voudraient étudier les propositions de l'Engineering Standards Committee dans tous leurs détails ; d'autre part, pour ceux de nos lecteurs qui ne sont pas spécialisés dans la construction des machines, il constitue une documentation générale très suffisante.

L'Engineering Standards Committee vient de faire paraître une traduction française des « Règles britanniques d'unification pour les machines électriques moteurs de traction exceptés » [1].

Ces prescriptions ont été établies en tenant compte des décisions prises par la Commission électrotechnique internationale, et après une Conférence tenue à Londres en 1915, conférence où étaient représentés l'American

(1) Fascicule n° 72 des travaux du Comité : une brochure 20,5 cm × 33,5 cm, 46 pages.
On peut se procurer ce fascicule sur demande adressée au Secrétaire de l'Engineering Standards Committee à Londres, Victoria Street, 28. Prix franco 11 sh.

Digitized by Google

Institute of Electrical Engineers et le Comité Électrotechnique canadien.

Cet important travail mérite donc, à divers points de vue, toute l'attention des électriciens français. Des Règles de ce genre se prêtent mal à un compte rendu proprement dit, car le texte est intentionnellement concis et rempli de valeurs numériques ; nous nous contenterons de donner, sans aucun commentaire, une courte analyse dans laquelle nous suivrons l'ordre adopté par l'Engineering Standard Committee.

I. Définitions. — Les « Règles britanniques » débutent par une série de définitions parmi lesquelles nous signalerons les suivantes : puissance utile normale, régimes continu et discontinu, températures observables, bornes primaires et secondaires d'un transformateur, variation de tension d'un alternateur et d'un transformateur, etc.

II. — Fréquence, phases et forme de l'onde. — La *fréquence normale* ou *fréquence type* adoptée pour les machines à courants alternatifs est de 50 p : sec.

Le *nombre de phases normal* ou *nombre de phases type* est de trois.

Au sujet de la *forme de l'onde des alternateurs*, il est précisé que, dans le cas où la forme de l'onde a de l'importance, « la différence maximum entre les ordonnées de la courbe de l'onde de la machine et celles de la sinusoïde équivalente, lorsque les courbes sont superposées, ne doit pas dépasser 10 pour 100 de l'ordonnée maximum de la sinusoïde ».

III. — Types de machines (générateurs et moteurs). — Les machines sont classées dans les 8 types suivants : machine ouverte (open machine) ; machine protégée (protected machine) ; machine semi-fermée (semi-enclosed machine) ; machine complètement fermée (totally enclosed machine) ; machine à conduits de ventilation (pipe ventilated machine) ; machine à ventilation forcée (forced-draught machine) ; machine abritée (drip-proof machine) ; machine antidéflagrante (flame-proof machine).

Le texte donne les définitions caractérisant ces 8 types de machines.

IV. — Catégories de régime. — Les Règles admettent deux catégories de régime : le régime continu et le régime discontinu.

La puissance correspondant au *régime continu* est la puissance utile à laquelle une machine peut fonctionner un temps illimité et satisfaire aux Règles.

Pour les machines destinées à un service intermittent, les Règles distinguent deux types de *régime discontinu* : le régime d'une heure et le régime d'une demi-heure, définis respectivement par la puissance utile à laquelle la machine peut fonctionner pendant une heure ou une demi-heure en satisfaisant aux prescriptions des Règles.

« En l'absence d'indication relative au régime, une machine est supposée destinée à un service continu.

» En l'absence d'indication relative à l'altitude, une machine est supposée fonctionner à une altitude n'excédant pas 1 000 m. »

Lorsqu'une machine est destinée à fonctionner entre deux limites de tension, l'intensité normale du courant correspondra à la plus haute tension, sauf indication contraire.

Pour les machines à plusieurs vitesses, des régimes doivent être définis pour les différentes vitesses.

V. — Température de l'air refroidissant. — Un préambule rappelle que « la durée d'une machine dépend en grande partie de la température maximum à laquelle les isolants sont exposés », et que, pour fixer l'échauffement admissible, il est « nécessaire de considérer non pas la moyenne, mais le maximum de température que peut atteindre, en service, l'air refroidissant ».

« La valeur maximum de la température de l'air refroidissant pour laquelle s'appliquent les Règles est de 40° C » et les limites d'échauffement indiquées s'appliquent à toute température de l'air refroidissant ne dépassant pas 40° C, mais non aux températures supérieures.

VI. — Températures observables. — Les limites des températures observables et des échauffements observables sont indiquées dans un tableau, avec renvois à différents articles pour la méthode de mesure à employer pour déterminer l'échauffement.

Les limites de température admises varient suivant l'organe de machine considéré et suivant la nature des isolants.

Les isolants sont classés en deux catégories A et B, la catégorie A comprend le coton, la soie, le papier et autres matériaux analogues imprégnés et le fil émaillé ; la catégorie B renferme l'amiante, le mica et les composés analogues.

Le tableau contient 19 subdivisions ; sans entrer dans le détail, on peut résumer le tableau ainsi :

Bobines inductrices fixes ou mobiles pour courant continu, bobines en rainures pour courants alternatifs, transformateurs.

Isolants de la catégorie A :	limite d'échauffement.....	55° C.
	limite de température.....	95° C.

Induits mobiles avec collecteurs, bagues, huile de transformateurs :

Isolants de la catégorie A :	limite d'échauffement.....	50° C.
	limite de température.....	90° C.

Pour les isolants de la catégorie B, les limites des échauffements et des températures sont respectivement plus élevées de 26° C.

Pour les enroulements isolés continuellement fermés sur eux-mêmes, la limite de l'échauffement observable est de 60° C et la limite de la température observable est de 100° C.

Pour le coton, la soie, le papier et les autres matériaux analogues qui ne sont ni imprégnés, ni immergés dans l'huile, les limites des températures et des échauffements seront inférieures de 10° C aux limites admissibles pour ces matériaux imprégnés.

Les valeurs contenues dans le tableau sont applicables aux machines rotatives pour tensions n'excédant pas 5 000 v et aux transformateurs pour toutes tensions, pour les machines (autres que les transformateurs) pour tensions supérieures à 5 000 v, les limites des températures observables doivent être réduites de 1,5° C par 1 000 v ou fraction de 1 000 v au-dessus de 5 000 v.

Lorsque l'isolation comprend plusieurs matériaux différents, on doit, en principe, prendre comme température limite la plus basse des températures correspondant aux divers isolants employés.

VII. — Essais de température. — Les essais doivent être faits à la puissance utile normale de la machine et à une température de l'air refroidissant inférieure à 40° C.

Les règles admettent qu'il est inutile de corriger les échauffements observables, lorsque la température de l'air refroidissant est différente de celle en service, sauf dans le

Digitized by Google

cas de transformateurs refroidis par courants d'air forcé. Pour ces appareils, les limites d'échauffement seront réduites de 1 pour 100 par 2° C d'écart entre la température de l'air entrant dans le transformateur et 40° C.

Au sujet de la *durée de l'essai* d'une machine à régime continu, il est précisé que l'essai « durera assez longtemps pour qu'il soit manifeste que la température maximum ainsi que l'échauffement maximum ne dépasseraient pas les limites fixées par les prescriptions des présentes règles si l'essai était prolongé jusqu'à ce que la température finale fût atteinte ».

Pour les machines à plusieurs régimes, la durée de l'essai de température « sera celle correspondant au régime entraînant l'échauffement le plus élevé ».

VIII. — Mesure des températures observables. — La température maximum observable est la plus élevée des températures mesurées soit pendant le fonctionnement, soit après l'arrêt de la machine.

Pour les *mesures de températures par résistance*, la température finale des enroulements t, en degrés C, est donnée par la formule indiquée ci-après dans laquelle :

R_1 = résistance de l'enroulement à froid au début ;
R_2 = résistance de l'enroulement à chaud après l'essai ;
t_0 = température initiale de l'enroulement, en degrés C ;
a = le coefficient moyen de variation de la résistance du cuivre pour la température initiale t_0.

$$t = \frac{\frac{R_2}{R_1} - 1}{a} + t_0.$$

Lorsque l'emploi du thermomètre est admis, même lorsque la méthode de mesure par résistance serait pratiquement applicable, les températures admissibles pour mesures par thermomètres seront inférieures à 5° C à celles qui seraient admises si la méthode de mesure par résistance était employée.

Les températures sont mesurées par résistance ou par thermomètre, selon le genre de machine ou l'organe considéré. On peut résumer ainsi les différentes règles :

Mesure par résistance dans tous les cas : enroulements d'excitation en dérivation ou d'excitation séparée des machines à courant continu ; enroulements inducteurs des alternateurs et des moteurs synchrones ; enroulements des transformateurs.

Mesure par résistance toutes les fois qu'il est possible de le faire, avec faculté d'employer le thermomètre pour les machines pour tension inférieure à 5 000 v ; enroulements induits des alternateurs et des moteurs synchrones ; enroulements des stators et des rotors de moteurs ou d'alternateurs asynchrones sans collecteurs.

Mesure par thermomètre : induits, collecteurs, enroulements d'excitation en série et de bobines de commutation des machines à courant continu ; huile des transformateurs ; collecteurs ; enroulements constamment fermés sur eux-mêmes ; autres organes des machines.

IX. — Mesure des températures intérieures au moyen d'indicateurs internes de température. — Des indicateurs internes de température seront prévus, sur demande, pour les machines de puissance supérieure à 3 000 k-w, si elles sont pour tension supérieure à 3 300 v.

Les limites de températures pour les machines à indicateurs internes sont les mêmes, en principe, que pour les autres machines ; on admet seulement une augmentation de 5° C dans le cas où les indicateurs sont disposés entre deux bobines placées dans la même rainure.

« Lorsque la tension normale d'une machine dépasse 5 000 v, les limites admises sont réduites de 1° C pour chaque 1 000 v ou fraction de 1 000 v au-dessus de 5 000 v. »

X. — Mesure de la température de l'air refroidissant. — La température de l'air refroidissant doit être relevée au moyen de plusieurs thermomètres placés autour de la machine, à mi-hauteur, à une distance de 1 à 2 m, de façon à mesurer la température du flux d'air qui s'écoule vers la machine.

Pour les machines à conduits de ventilation et à ventilation forcée, la température de l'air refroidissant doit être mesurée par un thermomètre placé dans le courant d'air arrivant à la machine, près de l'entrée dans celle-ci.

« La valeur à adopter pour la température de l'air refroidissant pendant l'essai de température sera la moyenne des lectures faites aux thermomètres à des intervalles de temps égaux pendant le dernier quart de la durée de l'essai. »

XI. — Coefficient de variation de résistance du cuivre avec la température. — Le coefficient de variation de résistance du cuivre avec la température se calcule, pour une température initiale t_0 de l'enroulement, par la formule : $\frac{1}{234,5 + t_0}$.

Les Règles renferment un tableau des accroissements de résistance du cuivre par ohm et par degré C pour des températures de mesure de la résistance initiale comprises entre 0° C et 40° C.

XII. — Essais de puissance mécanique et de couple de décrochage. — Ces essais doivent être demandés ; ils seront faits dans l'atelier du constructeur, sauf spécification contraire.

Les essais doivent être faits sur une machine neuve et complètement terminée, et à des températures ne dépassant pas celles fixées par les règles.

Une machine pour service continu doit être capable de supporter, pendant 15 sec, un courant double de celui correspondant à sa spécification normale, la tension étant maintenue aussi près que possible de la valeur normale.

Un moteur asynchrone pour service continu doit pouvoir supporter, à la tension normale, un couple égal à 1,75 fois celui correspondant à sa spécification.

Un moteur asynchrone pour service continu doit pouvoir supporter un couple double du couple correspondant à sa spécification.

Un moteur pour service intermittent (les moteurs asynchrones à cage d'écureuil exceptés) doit fournir au démarrage, à la tension normale, un couple double de celui correspondant à sa spécification.

XIII. — Essais de commutation. — Une machine à courant continu doit fonctionner, sans modification du calage des balais, depuis la marche à vide jusqu'à la charge momentanée fixée par les Règles.

XIV. — Épreuves des diélectriques. — Les épreuves doivent être faites sur une machine neuve et complètement terminée avec tous ses organes en place, et, sauf indication contraire, à l'atelier du constructeur et à la fin de l'essai de température.

« La tension d'épreuve est fixée d'après la tension normale ou d'après la plus haute tension entre une partie

Digitized by Google

quelconque de l'enroulement et le bâti, en basant l'épreuve sur la plus élevée des deux. »

Au moment de l'épreuve, la résistance d'isolement, en mégohms, ne doit pas être inférieure à celle donnée par la formule :

$$\frac{\text{Tension normale, en volts}}{1\,000 + \text{puissance utile normale en kv-a}}$$

avec minimum de 1 mégohm, sauf pour les enroulements d'excitation séparée pour lesquels le minimum est de 0,2 mégohm, et pour les machines immergées dans l'huile pour lesquelles aucun minimum n'est indiqué.

La tension d'épreuve sera alternative; la forme de la courbe de tension sera, de préférence, sinusoïdale : la fréquence peut être comprise entre 25 et 100 p : sec.

La tension sera appliquée graduellement et maintenue pendant une minute.

Dans des cas spéciaux, la durée d'application peut être portée à cinq minutes, mais en réduisant la tension appliquée.

Pendant l'épreuve, il ne doit pas se produire d'effluves perceptibles à l'oreille ou visibles, lorsque la tension d'épreuve dépasse 15 000 v.

Les Règles entrent dans de nombreux détails, au sujet de la détermination des tensions d'épreuve; nous indiquerons seulement les cas principaux :

Machine ou organe.	Tension d'épreuve.
Machines de puissance inférieure à 746 w :	2 fois la tension normale + 500 v.
Machines de 746 w et au-dessus :	2 fois la tension normale + 1 000 v.
Machines au-dessus de 3000 kw jusqu'à 5 000 v :	3 fois la tension normale.
Machines au-dessus de 3 000 kw au-dessus de 5 000 v :	3 fois la tension normale + 5 000 v.
Enroulements mobiles d'excitation séparée :	10 fois la tension normale (minimum 1 500 v).
Transformateurs de courant et de tension :	2,25 fois la tension normale + 2 000 v.
Excitatrices :	Au moins la tension d'épreuve des enroulements reliés à la machine.
Transformateurs : enroulements à haute tension jusqu'à 2 000 v :	5 000 v.
de 2 000 v et au-dessus :	de 2 fois la tension normale + 500 v à 3 fois la tension normale, avec minimum de 10 000 v.
Enroulements à basse tension.	2 fois la tension normale + 1 000 v.

XV. — Essais de mise en court-circuit. — Ces essais doivent être spécifiés lors de la commande.

XVI. — Tolérances. Tolérance sur la *vitesse d'un moteur* de puissance supérieure à 2,23 kw (3 ch), à la température correspondant à la charge normale :

Pour moteur en dérivation ± 5 pour 100.

Pour moteur en série ± 7,5 pour 100.

Aucune tolérance n'est accordée sur les *limites des températures* observables et des échauffements observables.

XVII. — Renseignements que portera la plaque caractéristique d'une machine. Les Règles donnent la liste des renseignements qui doivent se trouver sur les plaques caractéristiques des principaux types de machines.

En l'absence d'indication contraire sur la plaque, il est entendu que la machine est destinée à un service continu, pour une température de l'air refroidissant ne dépassant par 40°C. et pour une altitude ne dépassant pas 1 000 m.

XVIII. — Diagrammes pour transformateurs. — Les diagrammes vectoriels et les diagrammes des connexions doivent être reproduits sur les plaques caractéristiques.

Les Règles renferment un tableau indiquant 8 diagrammes vectoriels, pour les transformateurs triphasés.

XIX. — Marques des bornes de transformateurs. — Les bornes des transformateurs doivent être marquées d'une façon indélébile.

Pour les transformateurs à courant alternatif simple, les lettres T et t, N et n sont respectivement attribuées aux bornes principales et aux bornes neutres des enroulements à haute et à basse tension.

« En plus des lettres, les bornes seront distinguées par des indices choisis de telle façon que ces indices croissent dans le même sens que la force électromotrice dans chaque circuit au même instant. »

D'autres conventions (soulignement des lettres) permettent de reconnaître les bornes des transformateurs de courant alternatif simple à plusieurs enroulements ou à enroulement auxiliaire.

Les bornes des transformateurs triphasés seront distinguées par les lettres A, B, C, pour la haute tension ; a, b, c, pour la basse tension ; N et n pour le neutre, etc.

XX. — Renseignements a fournir lors de la demande de proposition et d'une commande de machines. — Des listes de renseignements à fournir sont données pour les machines les plus courantes.

Ces listes éviteront beaucoup d'erreurs ou d'omissions dans les spécifications : elles rendront de grands services aux acheteurs et aux vendeurs.

Appendice I. — Tensions de distribution. — La question des tensions normales pour les nouvelles distributions fera l'objet d'un fascicule séparé.

On indique seulement, dans l'appendice, les tensions les plus couramment employées dans les réseaux actuellement installés et celles adoptées le plus souvent pour les moteurs.

Appendice II. — Températures intérieures les plus élevées. — On rappelle que la puissance utile maximum d'une machine et sa conservation dépendent du maximum de température atteint en un point quelconque des isolants et du temps pendant lequel cette température est maintenue.

Les limites des températures observables et des échauffements observables indiqués par les Règles ont été fixées en tenant compte de ce que, dans les machines courantes, les mesures par thermomètre ou par résistance ne permettent pas de déterminer les températures et les échauffements aux endroits les plus chauds.

Un tableau indique les températures maxima et les échauffements maxima (pour une température de l'air refroidissant de 40° C), que peuvent supporter les isolants des diverses catégories :

A) Coton, soie, papier et autres isolants analogues imprégnés ou immergés dans l'huile, fil émaillé.	105° C et 65° C.
A) Coton, soie, papier et autres isolants analogues non imprégnés ou non immergés dans l'huile.	95° C et 55° C.
B) Mica, amiante et autres isolants capables de résister à de hautes températures.....	125° C et 85° C.
C) Isolants ininflammables et isolants réfractaires tels que mica pur, porcelaine, quartz, etc.....	limites non encore déterminées.

Digitized by Google

Telles sont, brièvement résumées, les Règles adoptées par l'Engineering Standards Committee.

On voit qu'elles présentent des nouveautés et des différences importantes, par comparaison avec des prescriptions antérieures; l'étude détaillée de cet ouvrage sera donc des plus utiles pour notre industrie électrique.

La traduction française a été revisée par M. R.-V. Picon, président du Comité électrotechnique français, qui a montré ainsi tout l'intérêt qu'il attache à ces questions.

Nous signalerons que toutes les valeurs numériques exprimées en unités de mesures anglaises ont été converties également en unités métriques, et que, au point de vue typographique, le fascicule est présenté avec le soin, le luxe pourrait-on dire, qui caractérise toutes les publications de l'Engineering Standards Committee.

Ch. DAVID.
Secrétaire du Comité électrotechnique français.

Revues, analyses et informations

Garanties rationnelles de température pour les grands alternateurs (1).

Pendant les cinq ou dix dernières années, l'achat des grands alternateurs, des turbo-alternateurs en particulier, s'est fait d'ordinaire sur la base d'une élévation de température de 50°, mesurée par thermomètre. Cette garantie était unique pour les diverses conditions de fonctionnement de la machine (charge continue ou de durée limitée) et pour les divers types de machines (haute ou basse tension).

On se sert aujourd'hui, pour la mesure des températures, de couples thermo-électriques ou de bobines de résistance; il y a trois ans environ que cette méthode est apparue pour la première fois dans les contrats. Connaissant mieux ainsi les températures réellement atteintes, on a majoré peu à peu les échauffements admis jusqu'aux températures que permet l'isolement au mica. Avec un isolement en micanite, on peut spécifier en sécurité une température de fonctionnement de 150°, et la garantie d'échauffement correspondante pourra être 105°, ou en chiffres ronds 100°. Mais il n'y a pas d'uniformité dans les spécifications, et on stipule souvent aussi un échauffement de 60° même avec isolement au mica. Ce sont les isolements au mica ou analogues que l'auteur a ici en vue.

Il y a intérêt pour le constructeur de grands alternateurs à pouvoir se baser sur une spécification de température bien d'accord avec les propriétés de résistance à la chaleur du mica. On peut alors tirer de ces propriétés tout le profit possible et établir la machine la plus économique et du meilleur rendement. Dans les grands alternateurs à deux et quatre pôles, il est souvent non seulement désirable, mais nécessaire de procéder ainsi pour obtenir le plus de solidité mécanique.

En comparant une faible valeur à une valeur élevée pour la spécification d'échauffement, on a souvent tendance à considérer un faible échauffement comme un avantage, au même titre qu'une faible perte dans la machine. Il y a cependant une différence radicale. Dans le cas d'une garantie de pertes ou de rendement, c'est ce que donne la machine qui intéresse l'exploitant; toute réduction des pertes est un bénéfice direct. Mais pour l'échauffement, au contraire, l'exploitant demande seulement qu'il ne compromette pas la sécurité; il ne s'intéresse pas aux chiffres réels. Si la température de fonctionnement donne sécurité, une température plus basse n'en donnera pas davantage. On a souvent l'impression, assez naturelle, que la garantie d'une température, inférieure à celle que peuvent supporter en sécurité les matériaux, est utile parce qu'elle permet de faire dépasser à l'alternateur sa puissance nominale, particulièrement dans les cas anormaux. Mais le fait que la garantie se rapporte à un service continu permet de la dépasser beaucoup dans ces cas, qui sont de durée limitée, même si leur durée totalisée atteint des mois entiers.

On peut encore plaider qu'un faible échauffement statorique est désirable à cause de la marge qu'il donne pour les surcharges continues. Mais il faudrait pour cela qu'une marge égale fût prévue dans les autres données de construction, particulièrement dans l'échauffement du rotor et la tension d'excitation. Mais c'est ce qu'on ne fait presque jamais. Tandis que les garanties usitées pour l'échauffement du stator sont assez variables, elles sont assez fixes pour l'échauffement du rotor. Pour les alternateurs considérés ici, on stipule généralement une élévation de température, mesurée par la résistance, de 100° environ pour le rotor à la puissance maxima. Ainsi, tandis qu'on garantit pour le stator une limite d'échauffement de 60°, la limite garantie est souvent de 100° pour le rotor du même alternateur. Cela empêche de tirer parti de la réserve de puissance qu'on peut admettre exister dans le stator: un accroissement de charge au delà du maximum causera dans le rotor un échauffement et par suite une chute de tension inadmissibles. Donc, si l'on veut pouvoir surcharger, il faut que l'échauffement des inducteurs à la puissance nominale soit à peu près le même que celui du stator.

La figure 1 représente la variation de l'échauffement du stator avec la charge sur la base d'un échauffement de 100° à 100 pour 100 de la pleine charge. Les différentes courbes représentent les échauffements de diverses parties du stator. Elles représentent les résultats d'essais soignés faits aux usines de construction sur divers alternateurs d'environ 20 000 kv-a à 1 800 t:m et 13 000 v; ces essais ont été faits sous la tension normale. Dans le cas de l'air de refroidissement, l'échauffement varie en proportion des pertes totales de l'alternateur; dans le noyau, la chute de température varie selon les pertes statoriques totales et dans le cas de l'enroulement, la chute de température à travers l'isolant varie avec la perte totale dans le cuivre engagé dans le fer.

Selon ces courbes, dans un tel turbo-alternateur, à 100 pour 100 de la charge nominale, l'air refroidisseur s'échauffe de 25°; la surface extérieure du noyau s'échauffe de 40° au-dessus de la température de l'air qui y pénètre, ou de 15°

(1) F.-D. NEWBURY. Communication présentée le 27 novembre 1916, à l'American Institute of Electrical Engineers. *Proceedings of the A.I. E. E.*, novembre 1916, t. XXXV, p. 1597-1610.

Digitized by Google

au-dessus de la température de l'air évacué en contact avec cette surface. Il y a une chute de 45° à travers l'isolant des bobines d'induit, ce qui donne l'échauffement total de 100° dans le cuivre. Presque la moitié de cet échauffement total est donc imputable à la chute de température dans l'isolant, et c'est elle aussi qui explique en grande partie la différence entre la température mesurée par des thermomètres à mercure placés en dehors de l'isolant sur les raccords terminaux des bobines, et les températures données par des couples thermo-électriques placés de façon à indiquer à peu près la température vraie du cuivre.

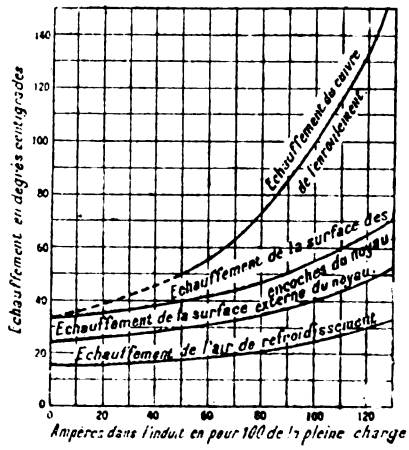


Fig. 1.

[Les principes généraux dont dépendent les différences entre les températures internes et externes ont été exposés par M. Lamme dans son Mémoire sur « La distribution des températures dans les machines électriques » (Proceedings of the A. I. E. E. t. xxxv, p. 1579-1596).]

Rappelons que la chute de température entre les deux faces de la paroi isolante s'obtient par la formule :

$$\text{Chute de température} = \frac{\text{Watts} \times e}{S \times K},$$

e étant l'épaisseur de l'isolant en cm, S sa surface en cm², K son coefficient de conductibilité thermique.

On voit donc que cette chute de température peut être réduite en diminuant les watts par cm² (par diminution de la densité de courant ou par accroissement de la surface de l'encoche ou par les deux moyens), en diminuant l'épaisseur de l'isolant ou en améliorant sa conductibilité thermique. Mais avec les isolants et les méthodes d'isolement actuels, aucune de ces méthodes n'est praticable.

Cette étude de la chute de température à travers l'isolant a beaucoup d'importance pour la détermination de la température des parties les plus chaudes dans les grands alternateurs à haute tension et à grande vitesse. Ainsi, dans l'alternateur typique auquel se rapporte la figure 1, l'échauffement de la surface du noyau n'est que de 40° et l'échauffement des raccords des bobines serait d'environ 50° en employant les thermomètres. Donc cet alternateur, qui a un échauffement de 100° dans les parties chaudes, satisferait probablement à une garantie d'échauffement de 50° avec cette dernière méthode de mesure.

La figure 2 représente l'accroissement de la température des inducteurs et de la chute de tension avec l'accroissement du courant inducteur. La courbe des températures est basée sur l'hypothèse que l'échauffement à la pleine charge nominale est de 100° et qu'il est proportionnel à la perte aux autres charges. Les pertes et l'échauffement croissent beaucoup plus vite que proportionnellement au carré de l'intensité, à cause de l'augmentation de la résistance avec la température. Ce facteur prend une grande importance aux températures assez élevées auxquelles travaillent les inducteurs de turbo-alternateurs. Ainsi, avec un accroissement de 10 pour 100 du courant inducteur au-dessus du maximum nominal, l'échauffement augmente de 33 pour 100, tandis qu'il n'augmenterait que de 21 pour 100 si la résistance restait constante. En raison de cet effet et aussi de la relation du carré entre le courant et la perte, l'échauffement croît très vite pour un courant supérieur à la valeur normale. Exemple : les premiers 100° d'échauffement sont produits par une intensité de courant inducteur égale à 100 pour 100 de la pleine charge ; le second échauffement de

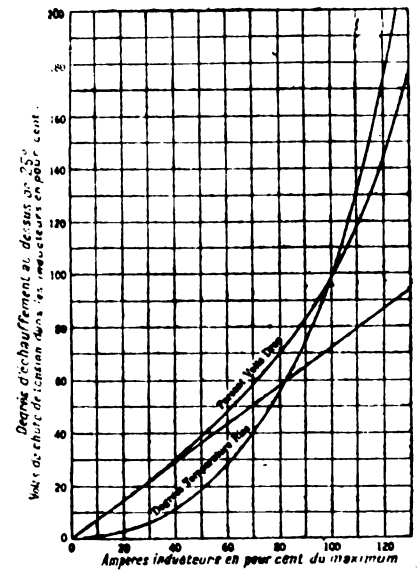


Fig. 2.

100° est produit par un supplément de courant égal à 25 pour 100 de l'intensité normale ; le troisième échauffement de 100° est produit par un nouveau supplément égal à 15 pour 100 seulement de l'intensité normale. Ainsi, pour accroître de 40 pour 100 les ampères-tours, il faut tripler la perte et faire monter l'échauffement de 100° à 300°. Il y a aussi un accroissement très rapide de la tension d'excitation nécessaire pour les courants inducteurs d'intensité supérieure à la normale. Quoique la chute de tension n'augmente que proportionnellement à la première puissance de l'intensité, la majoration qu'elle subit du fait de l'augmentation de la résistance fait monter sa courbe presque aussi vite que celle de l'échauffement. La chute de tension pour une résistance constante est représentée par la ligne droite de la figure 2. La différence entre les ordonnées de cette droite et celles de la courbe de la chute de tension totale montre graphiquement l'effet notable du changement de résistance pour les courants dépassant l'intensité normale. Pour obtenir seulement 25 pour 100 d'accroissement des ampères-tours d'excitation, il faut accroître de 60 pour 100 la tension excitatrice. Dans la plupart des alternateurs isolés au mica, cet accroissement de la tension excitatrice est la vraie limite de la capacité de surcharge. Quoique, dans les rotors des turbo-alternateurs, les isolants ordinairement employés (micanite, mica, ruban d'amiante) puissent supporter des températures de plusieurs centaines de

Digitized by Google

degrés, la température est limitée à 150°, à cause de l'accroissement prohibitif de la tension excitatrice qui intervient aux températures plus élevées. Donc, en ce qui concerne le rotor, la température n'est pas directement une limite à la capacité.

La figure 3 représente la relation entre les ampères induits et les ampères inducteurs dans un grand turbo-alternateur de proportions normales et relie ensemble les valeurs données dans les figures 1 et 2. Les trois courbes inférieures représentent l'accroissement du courant inducteur au-dessus de sa valeur à vide pour différents facteurs de puissance. Les courbes supérieures représentent le courant inducteur exprimé en taux pour 100 du courant inducteur à pleine charge à chacun des trois facteurs de puissance. Ces courbes montrent que, dans trois alternateurs, établis respectivement pour fonctionner à des facteurs de puissance de 100 pour 100, 90 pour 100 et 80 pour 100, ayant tous le même rapport entre les courants induit et inducteur, l'accroissement du courant inducteur exprimé en taux pour 100 du courant inducteur à pleine charge sera le même entre 70 pour 100 et 120 pour 100 de la pleine charge de la machine. On peut donc négliger ici le facteur de puissance, si l'alternateur est supposé fonctionner au facteur de puissance pour lequel il a été construit.

Au moyen de ces courbes, on peut prouver ce qui a été dit plus haut, à savoir que, pour assurer à un alternateur une puissance supérieure à la nominale, il faut que les limites garanties d'échauffement de l'induit et de l'inducteur soient à peu près égales. Si un alternateur a un échauffement réel de 60° au point le plus chaud de son stator et un échauffement, mesuré par résistance, de 100° dans son rotor, la marge apparente de surcharge basée sur la faible température de l'induit n'existe pas en réalité.

Supposons en effet qu'un alternateur ait été acheté en spécifiant que l'échauffement du stator mesuré par couple thermo-électrique ne dépassera pas 60°. Pour pouvoir profiter de la marge ainsi disponible, que faudra-t-il spécifier pour l'échauffement du rotor et pour la marche de la tension d'excitation ? L'alternateur doit pouvoir fonctionner à la charge maxima prévue sans dépasser la température limite compatible avec les propriétés de l'isolant dans l'induit et dans l'inducteur, et la tension d'excitation qui lui est alors nécessaire doit pouvoir être atteinte, autrement dit l'alternateur doit avoir les caractéristiques indiquées dans les figures 1, 2 et 3, à la charge maxima prévue. En se reportant à la figure 1, il faut attribuer à cet alternateur une puissance égale à 66 pour 100 de l'échelle des abscisses pour satisfaire à la limite d'échauffement de 60° dans le stator; cet alternateur pourra alors travailler à 50 pour 100 de surcharge continuellement, sans compromettre l'isolement au mica.

La figure 3 montre qu'une charge, égale à 66 pour 100 de l'intensité nominale dans l'induit, exige 84 pour 100 du courant d'excitation qui serait nécessaire à la charge de 100 pour 100. La figure 2 montre que, pour cette excitation de 84 pour 100, la température du rotor est 64° et la tension excitatrice 76 pour 100. Pour avoir des limites cohérentes, il faudrait donc spécifier un échauffement de 60° mesuré par couple thermo-électrique, pour l'induit, et un échauffement de 60° mesuré par résistance dans l'inducteur, et l'alternateur devrait être construit de façon qu'une tension d'excitation de 90 v suffise pour la charge normale, et qu'on puisse la faire monter jusqu'à 125 v.

Au lieu de chercher à s'assurer une marge de puissance de cette façon indirecte, ce qui rend la chose compliquée, l'acheteur devrait faire coïncider la puissance maxima désirée et la puissance stipulée au contrat, ce qui ferait disparaître toutes ces difficultés. Les garanties de faibles échauffements disparaîtraient en même temps des marchés.

On peut considérer la question sous un autre aspect. Supposons qu'un alternateur ait été acheté sur la base d'un échauffement statorique de 60° mesuré par couple thermo-électrique et un échauffement rotorique de 100° mesuré par résistance. Quel échauffement et quelle tension aux bornes obtiendra-t-on dans l'enroulement inducteur, si l'on augmente la charge de façon à porter la température du stator à la limite de sécurité ? On suppose que l'induit et l'inducteur sont l'un et l'autre isolés au mica. On dispose donc pour l'induit d'une marge égale à 50 pour 100 de la puissance nominale, tandis qu'il n'y a pas de marge pour l'inducteur, d'après les garanties. Si l'on augmentait la charge jusqu'à la limite admissible pour l'induit, on aurait un échauffement d'environ 100° dans l'inducteur, et la tension d'excitation nécessaire serait d'à peu près trois fois la valeur normale. Ce sont là, bien entendu, des conditions de fonctionnement impossibles.

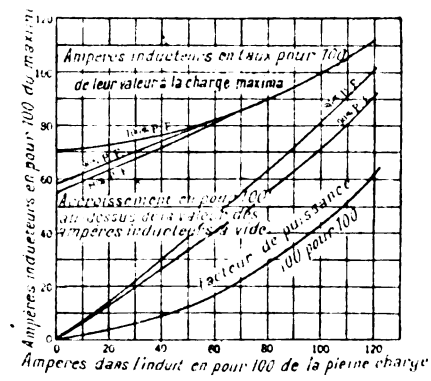


Fig. 3.

Ces exemples montrent bien qu'une garantie de faible échauffement pour l'induit n'est pas par elle-même une garantie de possibilité de surcharge. P. L.

Relèvement des tarifs d'électricité à Amiens [1].

Par lettre du 20 avril 1916, la Compagnie générale d'Électricité d'Amiens appelait l'attention de l'Administration municipale sur les difficultés éprouvées par elle dans l'accomplissement de ses obligations et sur l'urgence des mesures à prendre pour assurer le fonctionnement de cet important service.

Ces mesures ne pouvaient être prises que d'accord avec l'autorité municipale. Une Commission fut nommée qui devait examiner les dires de la Compagnie, étudier les mesures qu'elle indiquait comme nécessaires pour lui permettre d'assurer les services, entrer en relation avec ses délégués pour complément d'information, et au besoin discuter les différents points de la question afin d'arriver rapidement à une solution pratique qui pût être soumise au Conseil municipal.

La Commission chargée de ce mandat n'avait, pas plus que le Conseil municipal, l'envie ni la prétention de trancher une question de droit pur.

Elle entendait au contraire rester dans les limites de son mandat et ne faire qu'œuvre d'administration.

Le maintien de cette réserve prudente lui était singuliè-

[1] Extrait de la *Revue municipale*, du 16 au 31 janvier 1917.

Digitized by Google

rement facilité du reste par l'attitude de la Compagnie qui, dans sa lettre du 20 avril, déclarait ne pas faire appel au concours de la ville pour les pertes qu'elle avait subies antérieurement.

C'est dans ces conditions que la Commission est entrée en pourparlers avec les délégués de cette Société pour aboutir au projet de convention qu'on va lire. La Commission, après avoir entendu les délégués qui lui ont démontré la nécessité de remédier à la situation par des mesures exceptionnelles et dont le caractère transitoire est formellement inséré dans le projet de convention, s'est adressée aux services techniques de la mairie et, pour la répercussion financière, s'est réunie à la Commission des finances, en lui fournissant les rapports des services et l'état des dépenses à prévoir.

D'après les renseignements fournis par les services, les chiffres fournis par la Compagnie peuvent être admis comme sensiblement exacts.

D'autre part, la Ville est une grosse cliente de la Compagnie d'Électricité : pour ses services et notamment pour son service des eaux, elle avait eu recours pour la production de la force motrice à la Société d'Électricité et y avait trouvé un moyen commode et économique d'actionner ses machines, et ceci indique l'intérêt majeur de la Ville au bon fonctionnement de l'usine.

En prenant les chiffres de relèvement proposés dans la convention, on arrive à une augmentation annuelle de dépense de 1 449 fr par an par augmentation de 1 fr de la tonne de charbon pour le service des eaux. Pour l'éclairage des bâtiments communaux et pour le service de l'éclairage public normal l'augmentation serait de 1 200 fr environ. Cette question de l'augmentation des frais d'éclairage public ne se pose pas en ce moment, l'éclairage public ayant été supprimé par ordre de l'autorité militaire.

La Commission a dû au contraire prendre en considération la situation créée à la Compagnie par la suppression de l'éclairage public.

Si l'on observe que l'usine doit marcher la nuit pour la distribution de la force motrice, avec une production très restreinte, on conçoit facilement que la suppression de l'éclairage lui soit dommageable.

C'est une rentrée qui ne s'effectue pas ; il est vrai que la consommation en charbons se trouve restreinte, mais non en proportion, et de plus le prix de vente du courant comprend le remboursement de frais généraux.

La Compagnie estime que les frais qui lui incombent, abstraction faite de la fourniture du courant et des lampes, représentent les 4/7 des sommes reçues de la ville, soit approximativement 60 000 fr par an.

Sur les observations de la Commission, la Société ne sollicitait qu'une mensualité de 2 500 fr qui serait réduite proportionnellement en cas de reprise de l'éclairage partiel.

L'augmentation prévue est de 0,003 fr par kw-h et par franc de dépassement du prix de la tonne de charbon au-dessus de 26 fr, pour toute l'énergie électrique, sauf celle employée pour l'éclairage des particuliers. L'éclairage des particuliers n'est donc pas augmenté, mais la Compagnie qui avait demandé le même relèvement pour toute l'énergie électrique, n'a consenti à ce sacrifice que contre une stipulation formelle qui figure à l'article 3 de la convention.

Voici du reste le texte du projet de convention entre la ville d'Amiens et la Compagnie d'Électricité d'Amiens.

Entre la ville d'Amiens et la Compagnie d'électricité d'Amiens, il a été exposé et convenu ce qui suit :

En raison de la situation faite à la Compagnie d'Électricité d'Amiens, d'une part par la hausse extraordinaire du prix des charbons, d'autre part par la suppression temporaire de l'éclairage public imposée par l'autorité militaire et en vue d'assurer, pendant la période de crise, le maintien du fonctionnement des services publics dont la Compagnie est chargée, il est apporté, au traité de concession du 17 décembre 1898 et à la police prévue à l'article 42 dudit traité, des modifications purement temporaires, conformément à la présente Convention :

I. La Compagnie d'Électricité d'Amiens est autorisée à relever temporairement, dans les conditions qui vont être indiquées ci-dessous :

a) Les tarifs inscrits aux articles 30, 36 et 45 du traité de concession précité ;

b) Le prix forfaitaire prévu aux traités des 4 novembre 1903 et 18 avril 1914 (service des eaux) ;

c) Les tarifs prévus aux traités des 3 septembre et 4 décembre 1913 (service des eaux).

Et, en général, les tarifs de toutes les fournitures d'énergie électrique pour tous usages, faites en vertu d'accord avec la Ville, exception faite du prix de l'éclairage pour les particuliers (art. 44 du traité de concession).

II. Tant que le prix moyen des charbons de toutes provenances rendus en parc, à l'usine approvisionnée par l'usine d'électricité pendant un trimestre, dépassera 28 fr la tonne, les tarifs visés ci-dessus seront, pour les fournitures faites pendant le trimestre suivant, augmentés de 3 millimes (0,003 fr) par kw-h et par franc de dépassement du prix de la tonne de charbon au-dessus de 28 fr.

Dans les dix premiers jours du dernier mois de chaque trimestre, la Compagnie justifiera envers la Ville du prix du charbon approvisionné pendant ce trimestre, et fera immédiatement connaître au public, par la voie de la presse, les tarifs qui en résulteront pour le trimestre suivant.

Exceptionnellement, les premiers tarifs ainsi établis seront appliqués pour la période de quatre mois comprise entre le 1er juin et le 30 septembre 1916.

Lorsque le prix du charbon industriel, analogue à celui qui était employé par l'usine avant la guerre, sera redescendu à 28 fr la tonne, les tarifs du traité de concession seront à nouveau appliqués sans aucune majoration.

III. Si, à une époque quelconque, la ville d'Amiens consentait, soit à l'amiable, soit à la suite de décisions judiciaires ou administratives, à l'un ou plusieurs de ses concessionnaires pour des systèmes d'éclairage autres que l'électricité, des relèvements de tarifs pour l'éclairage privé, si elle leur allouait des indemnités ou des compensations d'un ordre quelconque, la Compagnie d'électricité d'Amiens bénéficierait des mêmes avantages :

a) Elle pourrait, en conséquence, relever, à partir de la même époque et pour la même durée, les tarifs de l'éclairage privé (art. 44 du cahier des charges), suivant le mode de calcul indiqué à l'article 2 du présent ;

b) Elle aurait droit à des indemnités calculées suivant celles qui seraient éventuellement allouées aux autres concessionnaires, depuis la même époque et pendant le même temps ;

c) Elle bénéficierait de toutes les compensations telles que prolongation de concession, réduction de charges, etc., qui seraient accordées aux concessionnaires visés ci-dessus.

IV. Pendant toute la durée de la suppression totale de l'éclairage des voies publiques, imposée par l'autorité militaire, la ville d'Amiens versera à la Compagnie d'Électricité d'Amiens, pour lui tenir compte des frais d'entretien et d'amortissement de l'installation, une somme fixée à forfait à 2 500 fr par mois sans aucune autre indemnité.

En cas de rallumage partiel de l'éclairage public, l'allocation sera calculée comme suit :

On ajoutera à 2 500 fr le salaire mensuel des allumeurs, évalué à 1 300 fr, soit au total 3 800 fr.

Cette somme de 3 800 fr, multipliée par un coefficient égal à la fraction non rallumée de l'éclairage public, constituera l'allocation de la Compagnie pendant les mois correspondants.

Par exemple, pour une extinction de 25 pour 100, l'allocation sera $3\,800 \times 0{,}25 = 950$ fr.

L'allocation se trouvera ainsi complètement supprimée lorsque la totalité de l'éclairage aura été remise en service.

La Compagnie devra reprendre le service partiel ou total de l'éclairage public quinze jours au plus après en avoir reçu l'ordre de la Ville.

Les frais de timbre et d'enregistrement des présents seront à la charge de la Compagnie générale d'Électricité.

Fait double à Amiens, le

Ce projet a reçu l'approbation du Conseil municipal d'Amiens.

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

La houille blanche dans les Alpes françaises au début de 1916

Dans cette étude, extraite du tome VII des publications du Service des grandes forces hydrauliques, région des Alpes, l'auteur fait tout d'abord ressortir l'impulsion que les nécessités de la guerre ont imprimée à l'utilisation de nos richesses hydrauliques alpestres. Il insiste ensuite sur le gaspillage d'énergie auquel donne lieu le mode actuel d'utilisation des combustibles minéraux et rappelle que l'aménagement complet des forces motrices hydrauliques des Alpes françaises permettrait d'économiser chaque année vingt millions de tonnes de houille, soit la moitié de la production totale française d'avant la guerre. Il termine en montrant l'importance qu'a déjà prise l'industrie électrothermique dans la région des Alpes et en appelant l'attention sur l'intérêt qu'il y aurait à introduire, dans la même région, d'autres industries, telles que l'industrie textile, qui y trouveraient à bon marché la force motrice qu'elles demandent actuellement à la houille.

Effets de la guerre. — Comment aborder ce sujet dans les jours tragiques qui marquent le début de cette année 1916 sans se demander avant tout quel rôle les forces hydrauliques jouent dans la guerre actuelle qui absorbe l'énergie et l'attention du monde ? Ce rôle est considérable et mérite autre chose qu'une simple mention ; il a déjà été signalé par divers observateurs et non des moindres appartenant à toutes les catégories sociales, il est juste qu'il le soit aussi au début d'un exposé spécialement consacré aux forces hydrauliques des Alpes françaises.

En effet, si l'Allemagne peut à bon droit (pour une fois !) se féliciter de trouver sur son sol et sur celui qu'elle occupe momentanément chez les autres le fer et le charbon, éléments fondamentaux des batailles modernes, il ne lui est point donné de disposer de forces naturelles comme celles qui font de nos Alpes un réservoir inépuisable d'énergie, non moins fécond dans la guerre que dans la paix, et que la guerre même contribue à développer sous nos yeux. Car l'épreuve imposée au pays, au lieu de décourager les initiatives, en suscite de nouvelles et y provoque certaines entreprises que la paix n'avait pas réussi à faire éclore. Quelque étonnante que puisse sembler l'affirmation, il est parfaitement exact de dire que, sans la guerre et les besoins qu'elle a créés, plusieurs des chutes d'eau en cours d'aménagement auraient attendu longtemps peut-être leur réalisation et encore plus sans doute leur complète utilisation. C'est le cas de la chute dite « du Largue » sur la Durance ou de celle de « Fond-de-France » au pied des Sept-Laux sur le Bréda (Isère) dont on n'envisageait l'aménagement que dans un avenir plus ou moins éloigné, mais qu'une demande toujours croissante d'énergie, déterminée par les besoins de la Défense nationale, a fait entreprendre plus tôt qu'on ne pensait et qui vont bientôt l'une et l'autre lui apporter leur concours.

Pour d'autres, dont la mobilisation avait arrêté les travaux à leur début, les mêmes besoins n'ont pas tardé à provoquer une reprise de bon augure ; plusieurs sur le Fier, à Tencin, sur l'Eau-d'Olle, la Durance, etc., ne tarderont pas à donner leur appoint. Il y a là un fait d'autant plus remarquable que les circonstances sont par beaucoup de côtés défavorables : la main-d'œuvre est pour ainsi dire introuvable, les transports difficiles, les bois de construction ont doublé de prix, les fers plus que triplé, le crédit s'est énormément resserré et, malgré ces obstacles, on assiste à ce spectacle imprévu mais réconfortant de voir des sociétés réputées pour leur prudence engager d'énormes capitaux, de grands chantiers s'ouvrir, se peupler d'ouvriers recrutés dans les milieux les plus variés et recevoir peu à peu tous les matériaux nécessaires. Les usines en construction à Bonnevaux, Servoz, Val-de-Fier, Fond-de-France, Tencin, au Rivier-d'Allemond, à l'Écancière et au Largue, équipées pour 40 000 ch, vont apporter aux industries de la région un supplément d'environ 20 000 ch en hiver et 25 000 en été. Si les circonstances ne sont pas trop défavorables, on peut espérer en avoir tout au moins une bonne partie dès l'hiver prochain ; nos moyens d'action en seront puissamment renforcés. A côté de ces nouvelles sources d'énergie, créées de toutes pièces en pleine période de guerre, viennent de paraître sur quelques-unes de nos plus hautes chutes des appareils qui utilisent directement l'eau sous sa pression statique en vue de diverses fabrications jusqu'ici inédites et dans le détail desquelles il serait inopportun d'entrer ; mais, sans risquer aucune indiscrétion, il est permis de dire que ces nouveaux emplois de l'eau prise directement aux conduites forcées, sous des pressions de 50 à 60 atmosphères, peuvent être pour l'avenir le point de départ d'opérations extrêmement intéressantes. Ils ont eu dès l'origine le résultat de provoquer d'ingénieuses solutions pour certains problèmes qui n'étaient guère sortis auparavant du domaine des recherches scientifiques, par exemple pour celui des coups de bélier, problème du plus haut intérêt qui s'est

Digitized by Google

trouvé tout à coup transporté du terrain de la théorie sur celui de la pratique avec l'impérieuse nécessité d'aboutir vite et d'une façon très sûre.

Toutefois, les effets de la guerre ne se traduisent pas seulement par l'impulsion donnée à la recherche de nouvelles sources d'énergie et aux perfectionnements de certains détails de construction, ils sont bien plus remarquables dans le domaine des applications : l'électrométallurgie non seulement développe ses anciennes fabrications d'aciers, ferro-alliages, aluminium, etc., mais en augmente le nombre ; elle multiplie ses fours, aborde de nouveaux produits avec la fonte synthétique, les métaux résistants aux acides (élianithe, etc.), le fer électrolytique, le zinc, le magnésium, etc. ; l'électrochimie développe sans arrêt ses fabrications de produits nitrés et chlorates, carbures, phosphores, chlore et leurs nombreux dérivés ; les ateliers mécaniques alimentés par l'énergie de nos chutes d'eau, dont les lignes de transport se multiplient de toutes parts, perfectionnent leur outillage, leurs méthodes, leurs voies d'accès ; partout s'offre le spectacle d'une intense activité matérielle et celui bien plus admirable encore des efforts coordonnés, des dévouements soutenus sans défaillance et de cette union dans le travail qui fait la force et assure la victoire. Tel est le rôle de la houille blanche pendant la guerre, voyons maintenant celui qui l'attend au retour de la paix.

Rendement des combustibles. — Quand on mesure au calorimètre la quantité de chaleur dégagée par la combustion d'un gramme de charbon de qualité moyenne, on trouve environ 8 grandes calories [1] qui, s'il était possible de les convertir intégralement en travail mécanique (ce qui, d'ailleurs, est rigoureusement impossible), donneraient $8 \times 425 = 3\,400$ kilogrammètres ou, puisque le kilowatt-heure vaut

$$366\,972 \text{ kgm}, \quad \frac{3\,400}{366\,972} = 0{,}009\,26 \text{ kw-h.}$$

Cela permettrait d'obtenir le kilowatt-heure avec

$$\frac{366\,972}{3\,400} = 107 \text{ gr de charbon.}$$

On est malheureusement loin de là : les plus récentes turbines américaines arrivent, dit-on, à le produire avec un peu moins de 600 grammes, ce qui correspond à un rendement de 17 pour 100 ; mais, dans la grande majorité des générateurs ordinaires, on brûle de 1 000 à 1 500 grammes de charbon (parfois même davantage), ce qui correspond à des rendements de 11 et de 7 pour 100. Dans la plupart des cas le rendement [2] ne dépasse pas 10 pour 100 et, dans les plus favorables, il reste notablement au-dessous de 20 pour 100, même en tenant compte de la récupération de la chaleur contenue dans les fumées, qui marque toutefois le progrès le plus important réalisé jusqu'ici dans le bon emploi du combustible. Les foyers pour chauffage domestique ont un rendement pour le moins aussi médiocre et habituellement bien inférieur.

Cette *perte des neuf dixièmes* de l'énergie contenue dans le charbon constitue un formidable gaspillage, car pour le milliard de tonnes [3] que le monde consomme annuellement, elle ne représente pas moins de $\frac{9}{10} \times 10^9 \times 1\,000 \times 8\,000 = 7$ millions de milliards de calories équivalant à peu près à 3 milliards de tonne-mètres.

Ces chiffres dépassent trop les grandeurs auxquelles on est habitué pour représenter rien d'imaginable, mais on peut s'en faire quelque idée en remarquant que, si elle pouvait être entièrement transformée en travail, cette énergie perdue dans la consommation annuelle du charbon permettrait d'élever sa masse entière (1 milliard de tonnes) à 3 000 km de hauteur ou une masse mille fois plus forte à 3 000 m. En d'autres termes l'imperfection des moyens modernes est telle que pour tout kilogramme de charbon brûlé on perd sans retour l'énergie qu'il fau-

(1) On sait que la calorie C. G. S. est par définition la quantité de chaleur nécessaire pour élever la température de 1 gr d'eau de 1° C à partir de 15° ; son équivalent en énergie mécanique est 0,425 kgm ou 4,170 joules. La « grande calorie » capable d'élever de 1° la température d'un kilogramme d'eau est 1 000 fois plus forte ; elle a pour équivalent mécanique 425 kilogrammètres (ou 4 170 joules). Le « joule » vaut 10^7 ergs et la calorie C. G. S. vaut $4{,}17 \times 10^7$ ergs.

(2) La température du carbone en combustion dépasse légèrement 2 000°, celle de l'eau dans les chaudières industrielles varie entre 150 et 200° ; l'échange des calories est donc très incomplet et la chute de température d'au moins 1 800° entraîne avec elle une énorme perte d'énergie : celle-ci est de 15 à 20 pour 100 dans la combustion d'après H. Le Chatelier (*Le Chauffage industriel*, p. 159), de 45 pour 100 dans la chaudière, et de 30 pour 100 dans la machine proprement dite. Les calories ainsi perdues sont emportées par les fumées, les cendres et escarbilles, condenseurs, parois et milieux ambiants, etc. Quant à l'énergie perdue dans la machine, elle se dissipe par les frottements et résistances mécaniques qui la transforment également en chaleur, vibrations, etc... Le résultat final est que l'énergie recueillie et utilisée dépasse rarement le dixième de celle qui était contenue dans le charbon consommé.

(3) Ce chiffre n'est évidemment qu'approché, mais c'est celui que l'on admet en général pour la consommation mondiale actuelle du charbon. Il faudrait y ajouter les combustibles liquides qui tendent à prendre dans l'industrie une place de plus en plus importante et qui, après raffinage et distillation, alimentent seuls tous les moteurs à explosion. Ils ont un pouvoir calorifique notablement plus élevé que le charbon (10 000 à 11 000 calories par kilogramme au lieu de 8 000) ; ils rendent déjà de très grands services et sont appelés sans doute à en rendre plus encore dans l'avenir. Toutefois, malgré leurs avantages multiples et le rendement meilleur que l'on peut en tirer, il n'est guère à croire qu'ils puissent jamais détrôner le charbon ni même réduire le tonnage de sa consommation. Plusieurs d'entre eux du reste proviennent de la distillation de la houille et font dès lors partie de ce tonnage général. Il en est de même des combustibles gazeux, notamment du plus important, le gaz d'éclairage, qui provient directement de la houille et n'est que l'un de ses modes d'emploi. On peut en dire autant de l'acétylène et a fortiori des divers produits de gazogènes dont la fabrication repose sur l'emploi du charbon qu'il faut toujours prendre comme point de départ initial des combustibles industriels. C'est pourquoi le charbon doit seul servir de point de comparaison avec la houille blanche dans l'aperçu rapide que nous en faisons ici.

Digitized by Google

drait pour en relever mille fois davantage, c'est-à-dire une tonne, au sommet des Alpes ! Voilà le rocher de Sisyphe que roule l'humanité quand elle demande à ses usines l'énergie que le soleil y avait emmagasinée aux temps primaires.

Et encore la comparaison est-elle beaucoup trop favorable : d'abord, parce que, en redescendant par la gravité, le rocher si péniblement soulevé pourrait restituer au moins pour une bonne part l'énergie exigée par son ascension, tandis que celle qui est dissipée après la combustion se trouve dégradée et définitivement perdue ; ensuite, parce que l'approvisionnement est limité et qu'il ne se reforme point.

Avenir de la houille blanche. — C'est juste le contraire de ce qui se passe avec la houille blanche qui n'a qu'à descendre de ces mêmes sommets où le soleil la remonte gratuitement chaque année et dont on sait retirer, par les turbines, 80 pour 100, c'est-à-dire huit fois plus que la moyenne des foyers thermiques ne retire de la houille. Il est vrai que jusqu'ici, comme le montrent les Comptes rendus du Service des grandes forces hydrauliques publiés par le ministère de l'Agriculture, l'on utilise à peine le dixième (1) de l'énergie totale contenue dans nos chutes d'eau ; mais le jour où l'on aurait aménagé toutes les forces hydrauliques des Alpes françaises, c'est au moins une *quinzaine de milliards* de kilowatts-heure que l'on pourrait y recueillir chaque année ; s'il fallait les demander à la vapeur, nos machines actuelles de rendement ordinaire dévoreraient pour les produire une vingtaine de millions de tonnes de houille, c'est-à-dire la moitié de la production totale française d'avant la guerre. Il est bon de retenir ces chiffres pour comparer la valeur de deux sources d'énergie, pour évaluer comme il convient la part que la région des Alpes tient encore en réserve et pour décider si l'ensemble du pays, les pouvoirs publics et les intéressés eux-mêmes ont bien donné jusqu'ici, à cette source de richesse, toute l'attention qu'elle mérite.

Son importance augmente à mesure que l'industrie accroît sa production et demande plus de matières premières. Le problème du charbon y tient une place prépondérante, son prix tend partout à monter, il finira par être tel que la nécessité de trouver d'autres sources d'énergie deviendra de plus en plus impérieuse et s'imposera absolument. On se rendra compte alors des services que peut rendre la houille blanche et l'on s'arrangera pour en obtenir ce que l'on a jusqu'ici presque exclusivement demandé aux combustibles minéraux, c'est-à-dire cette chaleur dont les neuf dixièmes se trouvent actuellement perdus. La plupart des industries modernes en consomment d'énormes quantités : la fabrication d'une tonne de fonte par le haut fourneau exige plus que son propre poids de coke, c'est-à-dire plus d'une tonne et demie de charbon ; sa transformation en acier laminé ou profilé en demande à peu près autant, en sorte que chaque tonne obtenue en a fait disparaître près de trois de charbon ; la fabrication du zinc en absorbe cinq, celle du verre deux, la porcelaine une, les poteries communes (briques, tuiles), les chaux et ciments de 12 à 30 pour 100, etc. Dans toutes ces industries, la houille blanche n'a guère pénétré ; elle ne saurait prétendre d'ailleurs y supplanter le charbon qui, s'il doit jamais lui céder la place comme source principale de chaleur dans certaines fabrications, conservera toujours comme agent réducteur en métallurgie un rôle essentiel. Quand on en sera là, l'économie deviendra considérable, mais pour le moment on en est loin : la fonte synthétique au four électrique vient à peine de faire son apparition, son tonnage est tout à fait minime par rapport à l'ensemble ; l'électrométallurgie de l'acier et son affinage au four électrique sont plus avancés, mais ils ne partent pas du minerai et se bornent à remanier des riblons ou le métal lui-même en sorte que l'économie correspondante de charbon n'est que partielle ; toutefois ces procédés se développant sans cesse, on peut entrevoir de ce côté des progrès considérables. Il n'en est pas de même, tout au moins jusqu'ici, pour les autres industries grosses consommatrices de combustibles, la briqueterie, la céramique, la verrerie, la boulangerie, etc., qui n'ont guère pris contact avec la houille blanche et qui demandent encore exclusivement au charbon ou au bois (2) les températures dont elles ont besoin ; le chauf-

(1) Les usines hydrauliques existant actuellement dans les Alpes françaises ont ensemble des puissances peu supérieures à 200 000 ch en basses eaux, 400 000 en eaux moyennes et 700 000 ch installés. Il est difficile d'évaluer la quantité totale d'énergie qu'elles produisent dans l'année à cause de la grande diversité de leurs régimes ; mais, en admettant que leur puissance moyenne utilisée est 5 000 heures par an, on ne s'éloignera probablement guère de la réalité. Cela conduirait à

$$0.735 \times 400\,000 \text{ ch} \times 5\,000 \text{ h} = 1\,470\,000\,000 \text{ kw-h},$$

soit en chiffre rond 1 500 millions de kilowatts-heure. Or les essais de recensement, quelque imparfaits qu'ils soient à cause de la complexité du sujet, conduisent à fixer entre un et deux millions de chevaux la puissance d'étiage des forces hydrauliques des Alpes ; leur puissance moyenne est certainement au moins double et en la comptant pour trois millions de chevaux on restera sans doute notablement au-dessous de la vérité. Cela correspond à une énergie totale annuelle de $0{,}735 \times 3\,000\,000 \text{ ch} \times 8\,760 \text{ h} = 19\,315\,800\,000$ kilowatts-heure, soit en chiffre rond une vingtaine de milliards de kilowatts-heure. Il est donc exact de dire que nous n'utilisons encore qu'un dixième tout au plus de l'énergie disponible dans nos chutes d'eau. Il est probable toutefois que l'utilisation intégrale ne se réalisera jamais faute d'accumulateurs convenables, car on ne voit pas le moyen de mettre en réserve, par exemple, les crues de l'Isère ou de la Durance, quelque vastes que l'on suppose les réservoirs construits par nos successeurs. On ne voit pas non plus la possibilité d'utiliser intégralement l'énergie du Rhône même en basses eaux à cause de l'obligation où l'on sera toujours d'assurer les services de navigation et d'irrigation qui consomment des volumes d'eau considérables et procurent d'ailleurs des avantages non moins dignes d'attention que les emplois possibles de l'énergie. Mais en faisant la part de ces réserves, il n'en reste pas moins encore d'énormes disponibilités pour les usines hydrauliques qui doivent certainement doubler d'importance dans toute la région des Alpes, d'ici un petit nombre d'années, si l'on sait s'y prendre comme il convient.

(2) Le bois desséché dans le vide contient près de 50 pour 100 de son poids en carbone et donne 4 000 à 4 500 calories par kilogramme, mais celui que l'on emploie dans la pratique retient toujours de 15 à 52 pour 100 d'eau même quand il

Digitized by Google

fage domestique est dans le même cas; l'électrothermie a donc un vaste champ à parcourir avant d'avoir porté à son maximum cette économie du charbon qui est sans doute dans ses destinées futures et qu'elle réalise déjà dans l'aluminothermie, la fabrication de la cyanamide, l'affinage de l'acier au convertisseur Bessemer et dans toutes les opérations qui demandent les calories nécessaires non à un combustible indépendant, mais à la réaction mutuelle des matières en présence. Ces opérations sont malheureusement en nombre très limité.

D'ailleurs faut-il regarder cette économie comme le but principal et *définitif* de la houille blanche ? Non à coup sûr, car l'obtention de la chaleur n'est pas le terme final que l'on se propose en général dans la transformation de l'énergie. Seules les industries qui n'ont en vue que le chauffage proprement dit peuvent arrêter là leurs opérations ; toutes celles qui, au contraire, ne consomment du combustible que pour réaliser les températures nécessaires à la formation de certains produits déterminés, auraient intérêt à se passer de ce coûteux intermédiaire et à former ces produits par d'autres méthodes. On peut affirmer, par exemple, que la fabrication électrolytique du fer marque un progrès essentiel, non seulement parce qu'elle donne un métal extraordinairement pur, mais surtout parce que l'énergie qu'elle met en jeu sans emploi de combustible échappe à la dégradation calorifique et aux nombreuses pertes qu'elle entraîne. On peut en dire autant des autres fabrications basées sur l'électrolyse, par exemple de celle du zinc qu'il serait particulièrement intéressant de développer parce que sa métallurgie par les procédés ordinaires classiques consomme une énorme quantité de charbon.

La région des Alpes où abondent les sources naturelles de l'énergie peut aspirer dans cette voie au plus brillant avenir ; elle a déjà vu naître l'industrie de l'aluminium et l'électrosidérurgie auxquelles resteront attachés les noms des Héroult, des Keller, des Girod et qui ne manqueront pas de progresser encore. On y fait depuis longtemps des carbures, des ferro-alliages, des abrasifs, du phosphore, des chlorates, etc., mais pourquoi n'y installerait-on pas des *industries entièrement nouvelles* ?

Nous n'avons envisagé que les effets de la chaleur, ceux du froid ne sont pas moins dignes d'attention. On les apprécie fort chez certains de nos voisins : l'Angleterre, l'Amérique, la Norvège, développent ses applications ; l'Allemagne a su, dans ce domaine comme en beaucoup d'autres, se tailler une sorte de monopole pour la construction des machines et les installations frigorifiques ; elle y consacre de gros capitaux, d'énormes surfaces, des puissances considérables. Pourquoi nos forces hydrauliques ne serviraient-elles pas à développer chez nous cette belle et féconde industrie ? Ses applications sont nombreuses, elles se multiplient chaque jour, rien n'empêcherait de les acclimater autour de nos grandes chutes d'eau. Le zinc et ses oxydes, la potasse électrolytique, le permanganate, tous les produits azotés synthétiques peuvent s'y fabriquer aussi bien sinon mieux que de l'autre côté du Rhin.

C'est, en particulier, grâce au bas prix de revient de l'énergie hydro-électrique en pays de montagnes, qu'on peut concevoir la fabrication, en grandes quantités, des engrais azotés synthétiques tels que le nitrate de chaux et d'ammoniaque et la cyanamide. Ces produits, dont l'agriculture fait une ample consommation, pourront remplacer les nitrates de soude importés du Chili, dont le prix, déjà fort élevé, augmentera encore, dans l'avenir, au fur et à mesure de l'épuisement des gisements.

La soie, qui a enrichi la métropole lyonnaise, utilise bien l'énergie de nos chutes d'eau ; pourquoi la laine, le coton et les autres textiles ne suivraient-ils pas son exemple ? Ces industries ont-elles eu lieu de beaucoup se féliciter de n'avoir pas voulu s'éloigner du charbon placé dans notre pays sur la route séculaire des invasions ? Qui les empêche de prendre pied au pays de la houille blanche ? Il y a là une mine durable et féconde capable de satisfaire tous les besoins. C'est une des richesses de la France. Qu'elle sache y puiser largement pour remplacer le charbon qui lui manque jusqu'au jour prochain de la victoire qui lui aura rendu non seulement la houille et le fer, mais toutes les ressources de ses anciennes provinces reconquises !

R. DE LA BROSSE,
Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

passe pour bien sec. Comme le stère pèse de 400 à 500 kg. il peut fournir en brûlant près de 1 million de calories, c'est le produit annuel de 1 500 à 2 000 m² de forêt. Tout ce qui a été dit sur les pertes de calories du charbon est vrai a fortiori de celles du bois qui constitue un combustible de très mauvais rendement général.

Le cuivre et la guerre

Le principal producteur de cuivre est l'Amérique du Nord ; l'auteur après avoir étudié dans la première partie de son article la production de cuivre par les pays autres que l'Europe passe en revue dans cette dernière partie les pays de l'ancien continent au point de vue de leur production de ce métal. Se plaçant ensuite au point de vue de la consommation du cuivre il donne des relevés statistiques montrant l'accroissement de cette consommation dans tous les états depuis la guerre, ce qui a provoqué une hausse très considérable des prix.

Europe. — *Espagne.* La nation productrice de cuivre la plus importante de l'Europe est l'Espagne qui figurait avant la guerre au second rang de la production mondiale, venant immédiatement après les États-Unis. Cependant sa production ne s'accroît que lentement. Après avoir été de 36000 t en 1880, elle s'éleva à 50 000 t environ quelques années après et resta depuis presque stationnaire. L'importante mine de « Rio-

Digitized by Google

Tinto », au capital de 3,5 millions de livres qui occupe 5 à 6 km², fournit à elle seule les deux tiers de ce chiffre, soit de 30 000 à 35 000 t par an. Elle a produit, de 1879 à 1912, 1 030 000 t. En outre, les explorations faites en 1906 ont déterminé à 2 250 000 t les réserves de sa partie la plus importante, connue sous le nom de la mine de « San Dionisio ». Les autres gisements espagnols sont beaucoup moins riches. Ainsi, en 1913, celui de « Tharsis » a fourni 3 270 t, et « Mason and Barry » 3 185 t.

Russie. — La production, l'importation et la consommation du cuivre par l'Empire russe, depuis 1910, sont données par le tableau VII.

TABLEAU VII.

Production, importation et consommation du cuivre de l'empire russe.

	1900	1904	1907	1910	1912	1913	1914
	En milliers de tonnes.						
Production	8,1	10,9	14,8	23,6	33,5	34,3	33,1
Importation	12,3	20,3	4,4	6,5	7,0	6,1	12,8
Consommation	20,4	31,2	19,2	29,1	40,5	40,4	45,9

Pendant la période de 1901-1910, la production du cuivre russe s'élevait à 134 000 t environ. Elle n'était que de 122 000 t pendant les 25 ans écoulés entre 1851 et 1875, et de 109 000 t seulement pendant le même laps de temps compris entre 1826 et 1850. La production totale, de 1825 à 1910, s'éleva à 439 000 t, et si l'on compte dès 1700 elle atteignit un million de tonnes environ. En 1700, la production du cuivre en Russie était déjà de 3 275 t. Mais elle montait seulement à 6 450 t en 1850, c'est-à-dire elle n'a fait que doubler pendant ces 150 ans. En 1870, la production retomba à 5 050 t, et en 1880 même à 3 200 t, c'est-à-dire plus bas qu'elle n'était 180 ans plus tôt. La période de 1870 à 1890 est la plus mauvaise dans l'histoire du développement de l'industrie du cuivre en Russie. Vers 1850, la production du métal atteignait à peine 1 700 t ; en 1890, 4 800 t, et en 1895, 5 280 t. Ce ne fut que vers 1900 qu'elle s'éleva à 8 100 t.

Le tableau VII montre que l'importation du cuivre en Russie, qui a atteint son maximum en 1904, descendit à son minimum en 1907, après l'introduction de nouveaux droits d'entrée sur le cuivre s'élevant à 0,81 fr par kilogramme au lieu de 0,65 fr autrefois. Depuis 1906 le développement de l'industrie du cuivre russe devient beaucoup plus rapide. La production de ce métal qui n'a fait que doubler (passant de 4 700 t à 9 350 t) pendant les 20 ans de 1885 à 1906, a augmenté presque de 3 fois et demie pendant la période comprise entre 1906 et 1913. En effet, tandis que sur 22 500 t de cuivre consommées en Russie en 1906, plus de la moitié, soit 58,4 pour 100 ou 13 150 t, étaient de provenance étrangère et 41,6 pour 100 seulement extraits en Russie ; en 1913, les chiffres correspondants étaient déjà de 15 pour 100 pour l'importation et de 85 pour 100 pour la production nationale. L'importation du cuivre en Russie ne s'élevait plus en 1913 qu'à 6 100 t d'une valeur de 4 289 000 roubles (11 500 000 fr) au lieu de 7 100 t d'une valeur de 5 220 000 roubles (14 000 000 fr) en 1912. Cependant cette importation s'accrut de nouveau en 1914, sous l'influence de la demande élevée du cuivre pour les besoins militaires et atteignit 12 800 t, c'est-à-dire presque le double de celle de 1913.

La production métallurgique du cuivre en Russie a été, en 1915, de 27 000 t au lieu de 33 100 t en 1914 ; elle diminua donc, pendant cette année, de 6 100 t. Cette diminution a été causée surtout par les régions du Caucase et de la Sibérie dont les fonderies n'ont fourni, en 1915, que 8 600 t, au lieu de 14 800 en 1914, car certaines mines caucasiennes où ont eu lieu des opérations militaires n'ont pas travaillé en 1915, tandis que certaines fonderies sibériennes avaient réduit leur activité. Au contraire, les fonderies de l'Oural ont légèrement accru leur production, de 17 000 t en 1914 à 17 600 t en 1915. Le tableau suivant montre la production des fonderies de cuivre des différentes régions de la Russie pendant les dernières années.

TABLEAU VIII.

Production des fonderies de cuivre de l'empire russe.

RÉGIONS	1909	1910	1912	1913	1914	1915
	En milliers de tonnes.					
Oural	7,5	10,7	18,1	17,3	17,0	17,6
Caucase	5,1	7,7	9,4	10,0	14,8	8,6
Sibérie	1,1	3,3	4,8	5,7		
Reste de la Russie	1,1	0,9	1,3	1,3	27,	0,8
Total	14,1	22,6	33,5	34,3	33,1	27,0

Nous voyons donc que la première place dans la production du cuivre russe est occupée par l'Oural qui a fourni, en 1913, la moitié de tout le cuivre métallique russe. Les fonderies les plus importantes de l'Oural appartiennent à la Société anonyme des « Fonderies de Kichtimsk », fondée avec un capital anglais de 42 500 000 fr et distribuant des dividendes qui s'élevaient à 18 pour 100 en 1913 et à 12,5 pour 100 en 1914. Cette Société a fourni, en 1913, 6 150 t, et, en 1914, 8 100 t de cuivre, c'est-à-dire 47 pour 100 de toute la production de ce métal par l'Oural. Une autre Société, également au capital anglais, connue sous le nom de « Minerais de cuivre de Spassky », a produit 4 850 t en 1914 et 3 500 t en 1915.

Pendant ces dernières années l'industrie russe favorisée par la médiocrité de la gérance d'Etat a fait de grands pas vers la monopolisation, dont le but principal est de maintenir les prix élevés. L'industrie du cuivre se trouve ainsi presque entièrement entre les mains du Syndicat « le Cuivre » qui a contrôlé 95,7 pour 100 en 1913 et 91,8 pour 100 en 1914 de la production totale du cuivre en Russie.

L'augmentation de la demande du cuivre et la dimi-

Digitized by Google

nution de sa production ont obligé la Russie à importer, en 1914, 12 800 t de cuivre. Cette importation s'accrut encore davantage, en 1915, lorsqu'on a importé par Vladivostok seul 31 000 t de cuivre d'une valeur de 95 millions de francs, au lieu de 3700 t valant 6 150 000 fr en 1914. Le principal fournisseur du métal était le Japon qui en a importé en Russie pour 80 millions de francs tandis que son importation par les Etats-Unis n'a atteint que 10 millions de francs.

Allemagne. — Mais si la Russie a pu remédier à la diminution de sa production du cuivre et satisfaire l'accroissement de sa demande de métal par l'importation, il en fut autrement de l'Allemagne dont la situation était beaucoup plus difficile. Quoique sa production de cuivre fondu ait atteint, en 1913, 41 100 t, celle du cuivre brut n'a pas dépassé pendant la même année 253 000 t dont 20 300 t fournies par les mines de la « Société de Mansfeld » et 5000 t provenant des autres gisements allemands. Par contre, le minerai importé a donné en 1913, 15 800 t de cuivre. Selon les données de la maison Merton, l'Allemagne a réussi à accroître sa production de cuivre brut qui était de 25 000 t en 1913 jusqu'à 30 000 t en 1914 et à la porter même à 35 000 t en 1915. Quoique cet accroissement de 40 pour 100 ait une grande importance, il n'arrive cependant pas à satisfaire les demandes de cuivre pour les besoins militaires et industriels du pays.

Ces derniers temps les revues techniques allemandes et notamment l'« Elektrotechnische Zeitschrift » parlent beaucoup des ressources en cuivre des pays envahis. Les mines les plus importantes se trouvent en Serbie. La plus riche d'elles, celle du « Bor » près du Danube, exploitée par les Bulgares (sous la direction des ingénieurs allemands), a pris un grand essor pendant ces dernières années. Sa production du métal s'est accrue de 1 220 t en 1906-1907 à 5000 t en 1910 et à 7616 t en 1913-1914. En outre, chaque tonne de cuivre de Bor contient de 20 à 22 gr d'or pur. Le contenu de la mine de « Kuka Dulkan » est évalué à 1 600 000 t environ de minerai avec 7 pour 100 de cuivre pur. Celle de « Maidau Pek » a déjà fourni 15 000 t de minerai dont on a retiré 4350 t de cuivre et 270 gr d'argent pur. Enfin on trouve du cuivre à Studina, au sud de Nisch.

Dans la Pologne russe le cuivre existe dans le gouvernement de Kielcy dans un massif montagneux de l'âge paléozoïque dont la surface atteint presque 73 km². Ces formations dévoniennes de calcaire et de quartz contiennent de nombreux gisements de minerais de cuivre, de fer et de plomb. Deux mines de cuivre « Miedzianagora » et « Miedzianka » ont été exploitées dès le XV^e^ siècle sans que cette exploitation ait jamais atteint un grand développement. La seconde a été abandonnée en 1820, tandis que la première a été exploitée, avec plusieurs interruptions, jusqu'en 1907. Elle a été particulièrement active de 1815 à 1830, lorsqu'elle a fourni 7 000 t de minerai qui ont donné 580 t de cuivre. De 1904 à 1907 elle a produit 835 t de minerai dont on a extrait 63,5 t de métal. Cependant on croit que, malgré son rendement faible, l'exploitation de la mine de « Miedzanagora » pourra devenir rémunératrice lorsque l'emploi des procédés techniques modernes diminuera les frais d'extraction.

Autriche. — L'Autriche possède des gisements de cuivre dans le Tyrol qui ont fourni 1 346 t en 1905, 2 276 t en 1910 et 4 135 t en 1913.

Etats scandinaves. — Les pays scandinaves se sont révélés dernièrement très riches en cuivre. Ainsi la production de ce métal en Norvège s'est accrue de de 6 406 t en 1905 à 10 592 t en 1910 et à 11 796 t en 1913, tandis que celle de la Suède passait de 1 385 t en 1905 à 2 032 t en 1910 pour retomber à 1 016 t en 1913.

Italie. — L'Italie dont la principale mine est celle de Montecotini a fourni, en 1913, 1626 t de cuivre. La production du métal s'élevait pendant la même année à 508 t en Turquie et à 305 t en Angleterre.

Consommation. — On voit, d'après le tableau IX, que les États-Unis ont occupé avant la guerre la première place non seulement comme production du cuivre, mais aussi au point de vue de la consommation de ce métal qui atteignait 34,6 pour 100 de la production mondiale. Cependant cette consommation a diminué depuis 1912 de 27 700 t, par suite de la crise de l'industrie électrique qui est aux États-Unis un des principaux consommateurs du cuivre.

TABLEAU IX.

Consommation mondiale de cuivre d'après le Metallgesellschaft de Francfort-sur-le-Mein.

PAYS	1900	1910	1911	1912	1913
			Tonnes.		
Allemagne	108 900	213 500	223 500	231 700	259 600
Grande-Bretagne	108 500	146 000	159 100	144 700	140 000
France	51 600	85 700	93 700	98 500	103 600
Autriche	19 700	33 500	38 500	48 200	39 200
Russie	20 400	28 600	32 800	40 000	40 200
Italie		22 500	29 400	34 200	31 200
Belgique			13 500	15 000	15 000
Néerlande			1 000	1 000	1 000
Autres pays d'Europe			10 000	10 300	13 300
Total pour l'Europe			602 500	623 500	643 100
Etats-Unis	174 400	339 900	331 900	371 800	348 100
Autres Etats américains			3 000	3 000	3 000
Asie, Australie et Afrique			26 700	40 400	50 300
Consommation mondiale	502 200	916 800	954 100	1 038 700	1 044 500
Production mondiale			893 800	1 018 600	1 005 000

La seconde place au monde et la première en Europe au point de vue de la consommation du cuivre appartient à l'Allemagne qui a consommé, en 1913, 25,7 pour 100 de la production mondiale de ce métal. Sa consommation s'est accrue depuis 1912 de 27 000 t, grâce à un développement extraordinaire de l'industrie électrique allemande. Quoique l'exportation de l'Allemagne en

Digitized by Google

articles en cuivre, qui était évaluée, en 1913, à 330 millions de marks, soit presque totalement arrêtée en ce moment, ce pays exige lui-même une grande quantité de ces produits dont la fabrication est rendue actuellement très difficile par la confiscation de tout le cuivre pour les buts militaires. Cette circonstance a même obligé l'Union des Électriciens Allemands à rechercher les moyens de remplacer, dans la mesure du possible, le cuivre par le zinc et le fer (1).

Outre son emploi par les usines électriques qui en ont utilisé en 1913 près de 120 000 t, le cuivre a été consommé pendant la même année par les tréfileries (19000), les usines de laiton (près de 62 000 t), les chantiers de construction navale et autres usines (27 000 t environ) dont près de 3 000 t par les usines chimiques. Enfin la consommation totale du cuivre en Allemagne pendant la dernière année d'avant la guerre atteignait 259300 t, chiffre qui plaçait ce pays au premier rang des consommateurs européens de ce métal. Ainsi, tandis qu'en 1900 la consommation du cuivre de l'Allemagne était égale à celle de l'Angleterre, en 1913 la première dépassait la seconde de 119000 t.

Il est évident qu'une consommation aussi considérable ne pouvait pas être satisfaite par la production allemande qui n'atteignait que 35 000 t en 1915 et qui ne suffisait même pas aux besoins militaires absorbant annuellement 100 000 t de cuivre. Le déficit dans ce domaine seulement s'élevait donc à 65 000 t. Cependant on a beaucoup exagéré l'importance de ce déficit. En effet, étant donné que l'Allemagne a importé pendant les cinq dernières années 200000 t de cuivre en moyenne annuellement (en 1913, 225 000 t) il lui reste, malgré sa forte exportation de ce métal (en 1913, 20000 t de fil de cuivre, 9 500 t de câbles, 13000 t de laiton, etc.), des réserves considérables de cuivre qui ont été confisquées par le gouvernement pour les usages militaires. D'autre part, la question du prix restant secondaire dans ce domaine, la confiscation pourra, le cas échéant, être étendue aux articles de cuivre plus chers, tels que : conducteurs électriques, parties de machines, appareils chimiques, etc., dont une partie a déjà été confisquée et qui pourront suffire encore pour longtemps.

La question du cuivre en Allemagne préoccupe non seulement les milieux compétents de ce pays, qui tâchent d'acquérir ce métal à tout prix, mais encore les gouvernements de l'Entente qui s'efforcent d'empêcher le cuivre d'arriver en Allemagne. Aussi cette question a-t-elle fait, les 25 et 26 janvier dernier, l'objet d'une interpellation au Sénat et qui a suscité des explications suivantes de M. Denis Cochin, sous-secrétaire d'Etat des Affaires étrangères qui s'occupe spécialement des blocus :

« La question du cuivre nous a beaucoup préoccupés. La situation est mauvaise en Allemagne, mais elle n'est pas aussi critique que l'on pourrait le souhaiter. L'Allemagne, sans parler de ses industries, a besoin, rien que pour l'artillerie, de 16 000 t de cuivre par mois.

» Elle est très loin de posséder cette quantité, même avec les ressources qu'elle a trouvées en Serbie et qu'elle tire de la Turquie. 16 000 t par mois, c'est à peu près 200 000 t par an ; or, je ne crois pas que l'Allemagne reçoive plus de 60 000 t de Serbie et de Turquie et qu'elle en trouve, chez elle, plus d'une trentaine de mille.

» Il y aurait donc un gros déficit, mais — il y a un mais — on estime à *1 000 000 t environ la quantité de cuivre fabriqué existant en Allemagne, sous forme d'objets ouvrés :* chaudières, tuyaux et chaudrons.

» Le résultat acquis est déjà heureux, en ce sens que, quand l'Allemagne a un besoin trop urgent de cuivre, elle ne peut le satisfaire qu'en démolissant un alambic, un appareil quelconque, en démantelant, par conséquent, son industrie. »

Néanmoins l'Angleterre conservait la troisième place au point de vue de la consommation du cuivre ayant dépensé, en 1913, 13,9 pour 100 de la production mondiale de ce métal, quoique sa consommation ait diminué depuis 1910-1912 de 5 à 6 000 t. Elle possède, à côté de l'industrie électrique, un autre consommateur important du cuivre qui est l'industrie chimique. L'exportation anglaise atteignait en 1913 77 000 t de sulfate de cuivre contenant 19 200 t de cuivre, pendant que celle de l'Allemagne ne dépassait pas 4 000 t de sulfate de cuivre.

En France la consommation a plus que doublé de 1900 à 1913 époque où elle atteignit 103 600 t ou 10,3 pour 100 de la production mondiale. La consommation du cuivre pendant la même période a également doublé en Russie qui cependant n'a consommé en 1913 que 4 pour 100 de la production mondiale de ce métal.

En somme, tous les pays européens ont consommé, en 1913, 63,9 pour 100 de la production mondiale du cuivre, tandis que leur production de ce métal pendant la même année ne dépassait pas 18,5 pour 100 de la production mondiale. La différence a été fournie par l'importation, surtout par celle de provenance américaine. Une consommation aussi considérable de cuivre par l'Europe s'explique :

1° Par un grand développement de l'industrie électrique et surtout par l'emploi très large de courants de haute et basse tension qui exigent une quantité énorme de cuivre pour la fabrication des conducteurs des câbles et des machines. Ainsi les fils de télégraphe et téléphone du monde entier contiennent près de 600 000 000 kg de ce métal. En France une ligne téléphonique à double fil consomme 1 kg de cuivre par 30 m ; l'électrification des voies ferrées exige de 3 à 4 t de cuivre par kilomètre.

2° Par la demande toujours croissante du métal pour les munitions. Toutes ces causes ont provoqué un tel accroissement de la consommation du cuivre qu'en 1913 la consommation par le monde entier a dépassé la production de 38 500 t.

(1) Le remplacement du cuivre par d'autres métaux a soulevé en Allemagne certaines questions importantes au point de vue de l'électricité qui ont fait l'objet d'articles spéciaux. *La Revue générale de l'Electricité*, 13 janvier 1917, t. 1, n° 2, p. 66.

Digitized by Google

L'importance de la dépense du cuivre pour la fabrication des munitions est montrée par les chiffres suivants : pour faire une grenade de 84 mm on emploie 2,5 kg de laiton contenant 66 à 70 pour 100 ou 1.7 kg de cuivre pur. La dépense de ce dernier est encore plus grande pour les obus de gros calibre, de sorte que chaque coup de grand canon détruit 3 kg de cuivre. Or, selon les données américaines, les Etats-Unis seuls ont fabriqué, jusqu'à la fin de 1915, près de 25 millions d'obus qui ont demandé 45 millions de kilogrammes de cuivre. D'autres calculs évaluent à 2 kg la quantité de ce métal, employé pour la fabrication de 100 balles de fusil, dont les cartouches vides ne sont que rarement ramassées après les combats. La consommation annuelle du cuivre par l'Allemagne a été calculée au début de la guerre à 100 000 t; ce chiffre s'est encore accrû depuis, par suite de l'augmentation extraordinaire de la production des munitions.

Prix. — L'accroissement de la consommation du cuivre provoque inévitablement la hausse des prix de ce métal. En 1912, le prix moyen d'une tonne anglaise (1016 kg) de cuivre standard à la bourse de Londres était de 73 livres. En 1913 ce prix descendit à 63,5 livres et en 1914, par suite de la situation générale défavorable, tomba à 60 livres. La dernière cote d'avant la guerre, celle du 30 juillet 1914, la veille de la fermeture de la bourse, était même de 56,5 livres. Le 29 octobre de la même année, lors de la réouverture de la bourse des métaux, le prix du cuivre standard était plus bas encore et ne dépassait guère 50,5 livres. Cette baisse s'explique par la déclaration du blocus qui fit disparaître du marché des métaux un consommateur aussi important du cuivre américain qu'était l'Allemagne.

Mais cet état de chose ne dura pas. Le prix du cuivre commença bientôt à monter lentement. En décembre 1914 il était déjà de 58,25 livres et le 4 janvier 1915 atteignait 61 livres. Ce dernier prix était encore plus bas que la cote moyenne de la bourse de 1913, mais il continua à monter. Le mouvemeut ascendant devint rapide depuis le second trimestre de 1915 sous l'influence de la demande croissante du cuivre. Au mois de juin de cette année, le prix de ce métal atteignit son premier maximum de 96,5 livres. L'importation accrue du cuivre par les Etats-Unis fit redescendre son prix à 71,5 livres en août et à 76 livres à la fin de septembre, mais il remonta de nouveau à 76,5 livres à la fin de novembre et à 84, 85 livres vers le 25 décembre. La hausse devint encore plus rapide en 1916. Le 16 mars le prix du cuivre standard atteignait déjà 107,5 livres, le 31 mars 115-116 livres, le 11 avril 120 livres, le 17 avril 127 livres, le 3 mai 135 livres et le 16 mai 145 livres (4 fr le kilogramme), record inconnu à la bourse de Londres depuis les guerres napoléoniennes. Cette hausse extraordinaire du cuivre s'explique en partie par l'interdiction, faite par le Gouvernement anglais au début de mars 1916, de spéculer sur les métaux autres que l'étain, qui fixait le 31 mai 1916 comme terme à l'exécution de tous les anciens traités. Cette mesure provoqua une recherche fiévreuse du cuivre qui, en présence des difficultés de l'importation de ce dernier, entraîna la hausse sus-indiquée du prix du métal. En outre, les réserves européennes de cuivre ont été très diminuées vers le milieu de mars 1916 lorsqu'elles descendirent à 19 600 t au lieu de 25 000 t en décembre 1915 et de 47 700 t en août 1915.

Il est toutefois évident que la hausse du cuivre qui eut lieu en 1916 fut provoquée plus par les spéculations que par le rapport réel entre l'offre et la demande de ce métal. Il en résulta que vers le 25 mai, le prix retomba à 125 livres et le 2 juin même à 121 livres. Il est à supposer qu'à cette époque la spéculation sur le cuivre diminua par suite d'un accord intervenu entre les producteurs principaux du cuivre américain au sujet du contrôle plus sévère du marché de ce métal. Un pareil accord, destiné à rendre plus stables et plus claires les conditions du marché, devait sans doute entraver la spéculation, basée surtout sur les à peu près et les malentendus.

A côté des prix du cuivre standard, il est intéressant de signaler ceux du cuivre électrolytique, plus élevés encore. De 60 livres qu'il était à la fin de juillet 1914, il s'éleva à 90 livres le 15 juin 1915, à 97,5 le 30 novembre de la même année, à 110 le 3 janvier 1916, à 135-137 le 31 mars et atteignit enfin 157 livres le 16 mai, pour redescendre à 142 le 2 juin. Ces prix ont d'ailleurs subi depuis de nombreuses fluctuations et ont atteint des cours encore supérieurs. La différence entre le prix du cuivre standard et celui du cuivre électrolytique était de 10 livres en juin 1915, de 20 à la fin de mars 1916, de 12 le 16 mai et de nouveau de 20 le 2 juin de cette année.

* * *

Il est difficile de prévoir dès à présent la répercussion de la cessation des hostilités sur l'industrie mondiale du cuivre. Nous avons vu que la production de ce métal s'est énormément accrue, pour satisfaire les commandes militaires. Il faudra donc pour pouvoir continuer l'activité des nombreuses mines et usines de cuivre, leur trouver après la fin de la guerre de nouveaux et vastes débouchés. En tout cas, il est hors de doute que c'est le développement rapide de l'industrie électrique qui, à son tour, dépend de l'essor économique de divers pays, qui permettra de parer à la crise le premier temps, et peut-être favorisera plus tard une expansion nouvelle de l'industrie du cuivre.

J. VICHNIAK.

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

1re Année. — Tome I. — N° 7. — 17 Février 1917.

Chronique. — Le Laboratoire central d'électricité. — Nécrologie : Louis Clerc. — L'Allemagne et la prochaine guerre. — Légion d'honneur, p. 241 et 242.

Section scientifique et technique. — Les travaux et le rôle scientifique international du Laboratoire central d'électricité, par P. Janet, p. 243.

Section industrielle. — Régularisation du régime des cours d'eau utilisés à la production de l'énergie hydro-électrique, par Paul Lévy-Salvador, p. 253. — Les accidents de surtension *(suite)*, par J. Sarolea, p. 267.

Section économique et financière. — Assemblées générales : Sud-Lumière ; Société d'éclairage électrique de Bordeaux et du Midi, p. 275. — Revues, analyses et informations : L'Université de Grenoble et l'expansion industrielle dans les Alpes françaises ; Quelques idées des Allemands sur leur commerce extérieur après la guerre ; Les débouchés commerciaux dans l'Amérique latine, p. 276

Section de législation. — Les brevets Fleming et Forest, un procès en Amérique, par J. de Prez-Crassier, p. 277.

Le Laboratoire central d'Electricité. — Au moment où, sur la puissante initiative de M. Henry Le Chatelier, l'Académie des sciences se préoccupe de la création d'un Laboratoire national de recherche scientifique, il était utile de rappeler aux électriciens les origines et les travaux de notre Laboratoire central d'Electricité. C'est ce que vient de faire M. Paul Janet, le savant directeur de ce Laboratoire, dans une brochure annexée au dernier numéro du « Bulletin de la Société internationale des Electriciens » et dont nos lecteurs trouveront plus loin la reproduction.

On y verra que, bien avant que l'Angleterre, les Etats-Unis, l'Allemagne aient songé à créer leurs puissants laboratoires nationaux, le National Physical Laboratory, le Bureau of Standards, le Physikalische Technische Reichsanstalt, la Société internationale des Electriciens avait déjà fondé et organisé, sur des bases nécessairement plus modestes, un organisme destiné à jouer dans le domaine de la science et de l'industrie électriques le rôle que devaient plus tard remplir les grands laboratoires nationaux de l'étranger dans l'entier domaine des connaissances humaines.

Le plus grand nombre des travaux exécutés par le Laboratoire central étant relatifs à des essais demandés par des industriels, beaucoup de leurs résultats, qui sont la propriété de ceux-ci, n'ont pu être publiés. Malgré cela la liste bibliographique, donnée pages 246 et 247, de ceux qui ont été portés à la connaissance du public est déjà longue.

D'autre part, les extraits des rapports annuels sur le fonctionnement du Laboratoire, reproduits pages 247 à 252, montrent que, grâce à la valeur et au dévouement tant de son personnel que des savants et professeurs français s'occupant d'électricité, le Laboratoire central d'Electricité a dignement représenté la France dans les assises internationales de ces dernières années.

Ce sont là des résultats qui font le plus grand honneur aux créateurs du Laboratoire central d'Electricité, en particulier à la Société internationale des Electriciens, et à ceux de ses membres qui, par leurs larges subventions, ont permis la réalisation de ces travaux. Il n'est pas douteux, toutefois, que l'ampleur de ceux-ci, surtout de ceux d'intérêt général, se trouverait notablement augmentée, si, comme les laboratoires nationaux étrangers, notre Laboratoire central d'Electricité recevait des subventions encore plus importantes pour ces travaux, s'il devenait une des sections du Laboratoire national de Physique dont la création préoccupe l'Académie des sciences.

Nécrologie : Louis Clerc. — Louis Clerc dont la disparition sera vivement regrettée des électriciens, fut à proprement parler un précurseur et ses travaux auront contribué pour une part importante au développement des applications de l'électricité à une époque où il fallait aux électriciens, travaillant dans l'inconnu, et en l'absence de toute loi définissant les phénomènes qu'ils observaient, une véritable ingéniosité.

Né le 3 octobre 1849 et sorti de l'Ecole centrale en 1872, nous le voyons presque à chaque année de sa carrière, trouver des solutions nouvelles alors et devenues depuis

Digitized by Google

classiques aux problèmes multiples qui se dressaient devant lui.

Il entra en 1877 à la Compagnie Jablockhoff et installa tant à Paris qu'en Belgique, le nouvel éclairage de la bougie Jablockhoff.

Il inventa en 1879 le rhéostat de champ et en 1880 la lampe-soleil qui fit sensation par son bel éclairage à l'Exposition de 1881 où il obtint une médaille d'or.

Poursuivant ses études sur l'arc électrique, il breveta le premier four électrique à arc. Minet a pu dire de lui dans le journal L'Electrochimie que « L. Clerc avait le premier obtenu un four à grande concentration d'énergie ».

Il breveta successivement un transformateur statique d'énergie électrique; le premier compteur qui servit de base à la construction des compteurs actuels; un commutateur automatique pour lampes à incandescence; puis le premier moteur à collecteur dont les applications sont aujourd'hui courantes.

En 1885 en collaboration avec M. Mildé, il fonda à Paris la première station centrale de distribution d'énergie électrique; ils inaugurèrent en 1887 la station Drouot, 8, rue du faubourg Montmartre. Reprise ensuite par la Compagnie Edison dont Clerc devint le chef d'exploitation, cette centrale se développa rapidement.

Une nouvelle médaille d'or vint récompenser ses travaux à l'Exposition de 1889 et un grand prix lui fut décerné à l'Exposition de Milan; six ans plus tard il recevait la Légion d'honneur.

Entre temps il avait créé la station centrale de Trudaine et en 1899 celle de Saint-Denis où fut faite la première application en France de la transmission par courant continu à haute tension.

On lui doit une foule d'autres dispositifs qui auraient dû illustrer son nom, si sa modestie ne l'avait empêché de faire connaître de son vivant l'importance et l'originalité de de ses travaux. Il aura laissé parmi ses contemporains, le souvenir d'un homme très droit et d'un excellent ingénieur, et un grand nombre de nos lecteurs auront connu et apprécié son intelligence, son énergie et sa loyauté.

L'Allemagne et la prochaine guerre. — Tel est le titre d'un article du Dr Walther Ratheneau paru récemment dans le « Lokal Anzeiger ». L'auteur, qui occupait avant la guerre une situation considérable dans l'industrie puisque, comme on sait, il était directeur de l'Allgemeine Elektricität Gesellschaft, a été chargé par le gouvernement allemand, dès le début des hostilités, de la mobilisation industrielle. Nous avons vu, hélas! comment cet organisateur de premier ordre a su mettre toutes les industries au service de son pays, utiliser toutes les compétences et atteindre en trente mois une production formidable de matériel et de munitions. Aussi les déclarations du Dr W. Ratheneau, présentent-elles un certain intérêt, tant par leur originalité qu'en raison de la situation officielle et prépondérante de l'auteur.

D'après lui, aucune paix ne peut actuellement être durable et il estime qu'en vue d'une guerre future, inévitable, il importe de préparer d'urgence l'organisation industrielle et économique du pays. Voici un extrait de ses déclarations :

« Nous avons commencé la guerre un an trop tôt. Quand nous aurons assuré une paix allemande, nous devrons immédiatement procéder à une nouvelle organisation sur des bases plus larges et plus solides que précédemment. Les établissements qui produisent les matières premières indispensables à l'armée devront non seulement continuer leur fabrication, mais se mettre en mesure d'accroître leur production, former entre eux un noyau de l'Allemagne économique et préparer la solution économique pour la prochaine guerre.

» Nous devons soigneusement calculer à l'avance, d'après les leçons de cette guerre, combien chaque contrée a besoin de matières premières et assurer d'immenses réserves qui pourront être utilisées dans l'avenir. Nous devons organiser une mobilisation industrielle absolument comme nous avons une mobilisation militaire.

» Chaque technicien ou « semi-technicien », enrolé ou non sur la liste de mobilisation, doit être officiellement chargé de la direction d'un établissement désigné, dès le second jour de la nouvelle déclaration de guerre. Chaque établissement commercial doit aussi être mobilisé et, dès le troisième jour de la déclaration de guerre, toute son organisation doit être entièrement mise au service des autorités militaires.

» Les établissements doivent établir à l'avance le nombre et la spécialité des hommes qu'ils peuvent fournir à l'armée dans un temps donné. Chaque établissement sera requis de fournir une liste détaillée des hommes qui lui sont nécessaires; ils seront alors mobilisés à titre militaire.

» Nous devons établir des conventions commerciales définies avec les nations hors d'Europe; elles seront spécifiées de telle sorte que ces nations, en tant que neutres, n'auront que des désavantages, au point de vue commercial, si elles fournissent des munitions pendant la guerre à nos ennemis.

» Nous pouvons nous permettre d'offrir de pareilles conditions.

» Et pour terminer, la prochaine guerre aura lieu dans une année tout au plus »

Les déclarations prétentieuses et arrogantes du directeur de l'A. E. G. ne méritent aucun commentaire. Il suffit simplement à nos industriels électriciens de s'unir dans le domaine économique pour entraver surtout l'exportation du matériel électrique allemand et nous examinerons alors, dans un an, à quels résultats économiques et militaires ont abouti les fanfaronnades du Dr W. Ratheneau.

Légion d'honneur. — Parmi les récentes promotions et nominations dans l'ordre de la Légion d'honneur, nous relevons la promotion au grade d'officier de M. DE LA BROSSE (Pierre-Marie-René), « lieutenant-colonel (territorial) détaché à la direction générale des fabrications de l'artillerie. »

Nous avons, dans le précédent numéro, indiqué le rôle prépondérant joué par M. de la Brosse dans la création et les travaux de l'important Service des grandes forces hydrauliques, dont il assume l'entière direction depuis 1919. Lors de la déclaration de guerre M. de la Brosse a été mobilisé comme lieutenant-colonel du génie, à Grenoble, tout en continuant à assurer le fonctionnement du Service des grandes forces hydrauliques malgré les vides causés dans le personnel par la mobilisation; il a été appelé à collaborer à la fabrication des munitions de guerre et chargé de s'occuper spécialement de l'utilisation des forces hydrauliques à cette fabrication, nouvelles fonctions qui l'ont amené à examiner d'urgence les nombreux projets d'aménagement des chutes d'eau des Alpes pouvant fournir à bref délai l'énergie nécessaire aux besoins de la défense nationale. Il a été, en outre, chargé de missions à l'étranger pour l'étude sur place de nouveaux procédés de fabrication de substances employées dans les explosifs.

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

Les travaux et le rôle scientifique international du Laboratoire central d'électricité

Dans cette note, extraite du Supplément du Bulletin de la Société internationale des Electriciens, de décembre 1916, l'auteur retrace les étapes du développement du Laboratoire central d'Electricité depuis sa fondation en 1888 et fait ressortir le rôle important qu'a rempli cette création de la Société internationale des Electriciens. Une première annexe à cette note donne la liste des travaux du Laboratoire; une seconde annexe fait ressortir le rôle scientifique international joué par le Laboratoire pendant la dernière décade.

Les graves événements que la France traverse amènent chacun, individus ou groupements, à envisager avec plus de clairvoyance les devoirs de l'avenir; toutes les volontés sont tendues vers le bien du pays; elles se cherchent pour se coordonner, et de toutes parts, à l'apparition des besoins évidents, les projets naissent et les programmes s'élaborent.

Parmi tous ces problèmes qui dès maintenant se posent ou qui se poseront après la guerre, les questions de l'organisation scientifique sont de celles qui préoccupent le plus vivement, je ne dirai pas l'opinion publique, mais la partie de cette opinion qui aperçoit avec clarté le rôle de plus en plus considérable que doit jouer la science dans la société moderne. Jusqu'ici l'effort scientifique en France a été surtout individuel et l'on ne peut nier que cette forme de travail, qui s'adapte singulièrement bien au génie de notre race, n'ait donné des résultats de première importance : qu'il nous suffise de rappeler les admirables découvertes de Curie travaillant dans un semblant de laboratoire et avec des moyens matériels manifestement insuffisants, ou celles de Fresnel, démêlant les lois les plus fines de l'optique avec des instruments réduits à quelques miroirs, quelques lentilles et quelques morceaux de liège.

Mais, à mesure que les documents fournis par les chercheurs isolés s'amassent, des problèmes nouveaux apparaissent, et des travaux de plus large envergure doivent être entrepris, qui dépassent les limites des forces individuelles; d'autre part, ces recherches de longue durée, indispensables mais sans nul imprévu, rebutent souvent par leur caractère sévère et leurs résultats ingrats ceux qui aperçoivent, dans les perspectives inexplorées de la science, la possibilité de rencontrer ou seulement d'approfondir des phénomènes nouveaux et brillants.

Dans ces conditions, la création d'établissements puissants et organisés, ayant pour mission d'accomplir ces recherches d'utilité générale, s'impose à tout pays qui tient à rester à la tête du mouvement scientifique : ce sont les laboratoires nationaux dont on a si souvent parlé et dont les pays étrangers nous offrent d'intéressants exemples. Dès 1900, Pellat, dans un rapport présenté au Congrès international de Physique, attirait l'attention du public savant sur l'urgence de ces créations; leur rôle primordial doit être de tirer de la science toutes les ressources utilisables par l'industrie du pays; mais, de plus, l'époque des grands congrès internationaux a montré que ces laboratoires sont les organes naturels des relations scientifiques entre les différentes nations, et que, par conséquent, leur rôle national se double d'un rôle international, conséquence et sanction du premier.

Ces différents points de vue viennent d'être éloquemment développés et appuyés d'exemples frappants dans un rapport présenté par M. H. Le Chatelier à l'Académie des Sciences qui l'a sanctionné de sa haute autorité. Il est incontestable que de grands efforts doivent être faits dans ce sens par notre pays, et c'est déjà beaucoup d'avoir tenté d'émouvoir à ce sujet l'opinion publique en montrant, dans un document destiné à avoir un grand retentissement, toute l'étendue du programme à remplir.

Mais, avant tout, il paraît indispensable de dresser le bilan de ce qui a été déjà fait dans ce sens, non pour se reposer dans une quiétude facile et dangereuse, mais pour y trouver les éléments de réalisation et le point de départ concret des créations à venir.

C'est, guidé par ce sentiment qu'il nous a semblé utile de résumer en quelques pages l'œuvre que la Société internationale des Électriciens a accomplie depuis une trentaine d'années en organisant et en développant le Laboratoire central d'Électricité, établissement créé par l'État et confié à la gestion de la Société. Si l'on suit avec attention ce développement, on reconnaîtra qu'en ce qui concerne le domaine bien délimité de l'électricité industrielle et de l'électricité générale considérée surtout dans ses rapports avec les applications, le Laboratoire central d'Électricité a bien, à l'ampleur près des ressources, joué en France le rôle de la section de l'Électricité d'un Laboratoire national de Physique.

Digitized by Google

Je n'ai pas à rappeler ici les détails d'organisation et d'administration du Laboratoire : on trouvera ces renseignements, avec tous les détails désirables, dans d'autres publications. Je reproduirai seulement les termes suivants par lesquels, dès le début, a été défini le rôle du Laboratoire.

« Le Laboratoire central d'Électricité a pour objet de :

1° Réunir et conserver une série d'étalons de toutes les grandeurs électriques ;

2° Former une bibliothèque aussi complète que possible des ouvrages français et étrangers traitant d'Électricité ;

3° Étalonner des appareils de mesure appartenant à des tiers ;

4° Déterminer les constantes d'appareils électriques industriels : piles, accumulateurs, dynamos, lampes, etc ;

5° Étudier des appareils nouveaux ou des méthodes nouvelles ayant trait à l'Électricité ;

6° Faciliter des études et des recherches personnelles sur le même sujet. »

Ce statut de fondation remonte à 1888, c'est-à-dire à une époque, où, nulle part en Europe, il n'existait de Laboratoire national : n'est-il donc pas visible qu'en cette voie, comme en tant d'autres, c'est la France qui a donné l'exemple et montré la voie à suivre.

La principale ressource du Laboratoire se trouve dans les travaux qu'il exécute pour le public, et ses fondateurs ont toujours tenu à ce que le Laboratoire, établissement de caractère industriel, soit géré industriellement et considère comme premier devoir celui d'assurer par lui-même son existence. Les travaux publiés, ceux dont on trouvera plus loin l'énumération systématique, ne représentent donc qu'une partie de l'activité du Laboratoire ; mais leur nombre et leur valeur n'en ont que plus d'intérêt en montrant avec quelles ressources limitées, mais judicieusement employées, ils ont pu être accomplis. La plupart du temps, ils ont été exécutés dans le temps laissé libre par les essais, par le même personnel, et à l'aide du même matériel, en sorte qu'il est très difficile d'estimer, pour employer le langage industriel, leur prix de revient ; mais ce prix est extrêmement bas, en comparaison de celui qu'on atteint dans les Laboratoires exclusivement consacrés à la recherche, et, plus que jamais, dans les années qui vont suivre, il faudra se préoccuper du prix de revient, même des travaux scientifiques.

Ce mélange, cette connexion des deux services, les essais et les recherches que le Laboratoire a réalisés, paraît présenter certains inconvénients, et il faut à la Direction une perpétuelle attention pour les équilibrer et les faire vivre ensemble. Mais, si l'on doit convenir que parfois ils se gênent quelque peu mutuellement, j'estime que, la plupart du temps, ils s'apportent l'un à l'autre l'aide la plus bienfaisante, et, somme toute, les avantages l'emportent de beaucoup sur les inconvénients. Ce serait donc, je crois, une faute de les séparer : le personnel qui entreprend des recherches scientifiques à portée pratique doit, avant tout, avoir été rompu aux méthodes de mesures entraînées par les essais industriels : c'est à ce prix seulement qu'il concevra dans quel esprit doivent être dirigées les recherches d'intérêt général ; et il est bon que, tout en se vouant à ces recherches, il conserve un contact permanent avec le service des essais : des ressources plus importantes, plus d'ampleur dans les bâtiments et dans le matériel, permettront d'éviter toute gêne entre les deux services. D'ailleurs, il ne faut pas croire que la démarcation soit si tranchée entre les deux ordres de travaux : depuis sa fondation, le Laboratoire central d'Électricité a exécuté plus de 22 000 essais de tout genre, dont un grand nombre constitue de véritables recherches originales ; il est vrai que le résultat de ces recherches appartient à qui les a demandées et par suite n'apparaît pas au dehors. Mais l'inconvénient n'est pas si grand qu'il en a l'air, car, en fait, ces données se répandent dans le public relativement restreint qu'elles intéressent, et le résultat final est à peu près le même que si elles étaient publiées et lues seulement par quelques spécialistes.

D'ailleurs, chaque fois qu'il s'est agi de question d'intérêt général, chaque fois que des besoins particulièrement urgents d'accroissement de matériel se sont fait sentir, le Laboratoire a trouvé dans des dons spontanés les ressources qui lui étaient nécessaires ; c'est ainsi que, sans compter les importantes ressources qu'il a trouvées à sa fondation, depuis une vingtaine d'années, près de 200 000 fr de dons sont entrés dans les caisses de la Société des Électriciens pour le Laboratoire (tout à fait indépendamment, bien entendu, des dons également considérables, environ 600 000 fr affectés à l'École supérieure d'Électricité, dont le fonctionnement est tout à fait distinct de celui du Laboratoire). En particulier, à partir de 1912, la plupart des grandes Sociétés d'Électricité, se réunissant dans un effort commun, ont consenti, pour l'accroissement du matériel du Laboratoire, des souscriptions annuelles de 25 000 fr à 30 000 fr. Le legs Hughes nous permet également de favoriser, au Laboratoire, les études et les recherches d'un jeune ingénieur électricien ; le legs Cheux, d'y entreprendre certains travaux d'un caractère déterminé.

C'est le résultat de tous ces efforts, ou du moins une partie de ce résultat — car, ainsi que nous l'avons dit, l'œuvre considérable représentée par les essais exécutés par le Laboratoire n'apparaîtra pas ici — que nous voulons mettre en évidence dans les pages qui vont suivre : on verra que l'activité du Laboratoire s'est étendue depuis les questions purement scientifiques (étude des unités et étalons électriques) jusqu'aux études d'ordre industriel (recherches sur les machines, les moteurs, les installations électromécaniques) en passant par une série très variée d'études de caractère intermédiaire que nous rappellerons rapidement.

A l'étude des matériaux, à laquelle, avec juste raison M. Le Chatelier attache une grande importance, se rattachent les recherches expérimentales si approfondies publiées par M. Ch. David sur les diverses qualités de

Digitized by Google

carbone utilisées pour les balais de dynamos ; les études, dont quelques-unes sont devenues classiques, de M. Jouaust sur le magnétisme du fer, sa viscosité magnétique, sa perméabilité aux fréquences élevées ; les recherches de MM. Laporte et de la Gorce sur la rigidité diélectrique des isolants sous des tensions continues et alternatives et à des fréquences variées, et enfin l'œuvre si considérable sur les fils et câbles isolés au caoutchouc, et surtout sur les toiles isolantes, de notre regretté chef de travaux, H. Bureau, que nous avons eu la douleur de voir tomber glorieusement à l'ennemi en octobre 1914 et qui, au moment où la guerre a éclaté, avait en cours d'exécution de remarquables mesures sur le refroidissement des fils métalliques par un courant d'eau.

A l'étude des transports d'énergie se rattachent les recherches oscillographiques si délicates et si difficiles effectuées par M. Ch. David sur les états variables d'un des réseaux les plus étendus que la France possède, le réseau du Littoral méditerranéen, documents très rares et très précieux, pris sur le vif du fonctionnement réel d'un réseau en pleine activité, et non dans le calme d'un laboratoire ; dans le même ordre d'idées, nous signalerons les études de M. Johann sur les régimes variables des transformateurs.

La photométrie a toujours fait l'objet de recherches très importantes au Laboratoire central d'Électricité : nous ne pouvons en donner ici même un court résumé ; rappelons seulement les travaux de M. Laporte sur les étalons lumineux usuels et sur l'arc à courant continu et alternatif, et les études du Laboratoire sur les lampes à filament de carbone et à filament métallique. En 1914, nous avions en cours des recherches, qui seront reprises, sur l'étalon lumineux au platine de M. Violle : l'importance de ces recherches apparaîtra si nous rappelons que ce sont les premières mesures reprises en France depuis les mémoires classiques de M. Violle à ce sujet. Des subventions spéciales nous avaient été accordées pour ce travail par la Société technique du gaz.

Un legs particulier d'un de nos regrettés collègues de la Société des Électriciens, M. le Dr Cheux, nous a permis de provoquer au Laboratoire d'intéressantes recherches d'électrophysiologie, parmi lesquelles nous citerons les études de MM. Broca et Laporte sur l'action sur l'œil des diverses sources lumineuses artificielles, et surtout le très important travail de M. le Dr Weiss, assisté de M. Ch. David, sur le mécanisme de la mort par les courants alternatifs à haute tension.

On trouvera enfin, dans l'énumération qui va suivre, une série d'autres recherches, sur des sujets variés, que nous ne pouvons résumer ici.

Au milieu de tous ces travaux, nous avons tenu à donner une place spéciale à ceux que le Laboratoire a entrepris en vue des relations scientifiques internationales : on en trouvera le résumé dans les extraits, relatifs à ce sujet, de nos rapports présentés à l'Assemblée générale annuelle de la Société des Électriciens : cette forme, bien qu'un peu sèche, a le mérite de donner très exactement la physionomie et la portée de ce rôle ; on en retirera, je pense, l'impression que, par un effort continuel, et je le répète, avec des ressources très limitées, le Laboratoire a dignement représenté la France dans un grand nombre de cas où, sans lui, cette représentation eût été ou incomplète ou inefficace ; bornons-nous à rappeler le rôle important qu'ont joué les travaux du Laboratoire dans la question des unités et étalons électriques : en 1905, M. Mascart était revenu de la Conférence non officielle qui s'était tenue à Berlin à ce sujet, avec la conviction qu'il était indispensable et urgent d'entreprendre en France un certain nombre de travaux en vue de la Conférence officielle qui devait se réunir quelques années plus tard ; une partie considérable de ces travaux fut confiée au Laboratoire central d'Électricité qui devait d'ailleurs centraliser toutes les recherches entreprises et leur prêter son concours ; c'est à cette occasion que furent publiés les importants mémoires dont on trouvera plus loin la nomenclature, sur la détermination absolue de l'ampère, sur l'électrolyse de l'azotate d'argent et sur les éléments étalons au cadmium ; le Laboratoire apporta donc une contribution importante à la Conférence de Londres de 1908 ; s'il n'y fut pas représenté officiellement ce n'est nullement par manque de caractère officiel — son décret de fondation de 1882 lui donnait très suffisamment ce caractère — mais pour d'autres raisons sur lesquelles il n'y a pas lieu de revenir ici ; il y fut représenté par ses travaux, et son délégué fut courtoisement invité à assister aux séances : n'était-ce pas, dans le fond, sinon dans la forme, le rôle d'un véritable Laboratoire national? Rappelons aussi, tout particulièrement, la part qu'a prise le Laboratoire aux expériences internationales organisées à Washington, sur l'initiative du Bureau of Standards, pour l'étude de l'électrolyse du nitrate d'argent en vue de la définition de l'ampère : là encore, grâce au Laboratoire central, la France fut dignement représentée, et put intervenir efficacement dans la discussion et la coordination des résultats. Ainsi, dans un grand nombre de circonstances, avec une clairvoyance rare, dont on ne saurait lui être trop reconnaissant, la Société des Électriciens a toujours estimé que cette contribution aux recherches d'intérêt général constituait l'un de ses devoirs les plus importants.

Les documents que nous rassemblons ici montrent donc clairement qu'en ce qui concerne l'Électricité, un effort considérable a déjà été fait en France ; il n'est pas le seul ; dans bien d'autres branches de la Science on pourrait trouver des initiatives analogues ; coordonner tous ces éléments, les grouper, leur donner la cohésion et surtout la puissance matérielle qui leur fait encore défaut, tel doit être le but à atteindre : c'est cet ensemble, complété et élargi s'il est nécessaire, qui constituera tout naturellement le grand Laboratoire national digne de la France et de son passé scientifique.

P. Janet,
Directeur du Laboratoire.

Digitized by Google

Annexe I. — Table chronologique et méthodique des travaux du Laboratoire central d'Électricité (1).

I. — *Unités et étalons électriques.*

1908. P. Janet. — Les unités électriques fondamentales (II, 170-174).

1908. P. Janet, F. Laporte et R. Jouaust. — Détermination, par un électrodynamomètre absolu, de la force électromotrice des éléments au cadmium (II, 225-288).

1908. P. Janet, F. Laporte et R. Jouaust. — L'équivalent électrochimique de l'argent (II, 288-299).

1910. F. Laporte et P. de la Gorce. — Recherches sur l'équivalent électrochimique de l'argent (II, 318-347).

1910. R. Jouaust. — Recherches sur l'étalon de résistance et l'étalon de force électromotrice (II, 347-367).

1910. P. Janet, F. Laporte et R. Jouaust. — Détermination de la force électromotrice en valeur absolue de l'élément Weston normal (II, 472-474).

II. — *Méthodes de mesures.*

1896. P. Janet. — Etalonnement d'un électromètre de 18 000 v (I, 19-27).

1900. P. Janet. — Les compteurs à l'Exposition de 1900 (I, 91-139).

1900. P. Janet. — Application de la méthode de la boucle à la recherche d'un défaut dans un câble triphasé souterrain (I, 228-232).

1900. Iliovici. — Sur une méthode de mesure des courants alternatifs intenses (I, 250-283).

1904. Iliovici. — Sur une méthode propre à mesurer les coefficients de self-induction (I, 401-402).

1906. A. Durand. — De l'influence des champs extérieurs sur les indications des compteurs (II, 60-65).

1912. R. Jouaust. — Recherches relatives aux mesures magnétiques (III, 122-148).

1912. R. Jouaust. — Mesure des longueurs d'onde en télégraphie sans fil (III, 148-176).

1914. P. de la Gorce. — La détermination des harmoniques d'une courbe de tension par la méthode de résonance. Quelques causes d'erreur. Précautions à prendre (*Bulletin de la S. I. E.*, p. 545).

1916. P. de la Gorce. — Note sur l'essai des transformateurs de mesure de courant au Laboratoire central d'Electricité (*Bulletin de la S. I. E.*, p. 290).

III. — *Matériaux conducteurs.*

1903. P. Bourguignon. — Essais sur la résistance au contact des balais de charbon (I, 232-250).

1907. Ch. David. — Essais ayant pour but l'identification des balais de charbon pour dynamos, effectués à la demande du ministère de la Marine (II, 91-131).

IV. — *Matériaux isolants.*

1901. P. Janet. — Essais de laboratoire sur la qualité isolante des gants d'électriciens (I, 139-142).

1912. F. Laporte et P. de la Gorce. — Essais des diélectriques sous des tensions continues et alternatives (III, 87-116).

1912. P. de la Gorce et P. Girault. — Influence de la fréquence sur la rigidité diélectrique (III, 116-122).

1912. H. Bureau. — Essais de rigidité diélectrique sur des câbles et des fils sous caoutchouc employés dans les installations électriques (III, 176-201).

1913. H. Bureau. — Essais ayant pour objet l'identification et la qualification des toiles isolantes, exécutés au Laboratoire central d'Électricité (III, 221-425).

V. — *Matériaux magnétiques.*

1904. R. Jouaust. — Recherches effectuées au Laboratoire central d'Électricité sur les phénomènes de viscosité magnétiques dans les aciers doux industriels et leur influence sur les méthodes de mesure (I, 381-402).

1908. R. Jouaust. — Étude des propriétés magnétiques des tôles par la méthode du wattmètre (II, 38-60).

1911. R. Jouaust. — Les propriétés magnétiques du fer aux fréquences élevées (II, 463-472).

1915. R. Jouaust. — La perméabilité du fer aux fréquences élevées (*Bulletin de la S. I. E.*, p. 355).

VI. — *Étude des machines, moteurs et de réseaux.*

1904. Iliovici. — Recherches sur la commutation dans les dynamos à courant continu (I, 312-338).

1905. Ch. David. — Recherches oscillographiques effectuées par le Laboratoire central d'Électricité sur le réseau à haute tension de la Compagnie « l'Énergie électrique du littoral méditerranéen » (I, 405-448).

1905. Ch. David. — Note sur la forme des courbes de tension avant et après transformation (I, 448-455).

1905. Ch. David. — Essais effectués sur les installations électriques des Mines de la Grand'Combe (I, 455-494).

1905. Ch. David. — Essais effectués sur les installations électriques des Mines de Vicoigne et de Nœux, à Nœux-les-Mines (I, 494-513).

1910. Ch. David. — Essais de câbles pour canalisations électriques, effectués à la demande du ministère de la Marine (II, 367-452).

1910. — Maugas. — Note au sujet des expériences faites par le Laboratoire central d'Électricité sur les câbles électriques (II, 452-463).

VII. — *Étude des transformateurs.*

1905. Johann. — Résultats d'expériences sur l'établissement du régime dans les transformateurs (II, 1-5).

1905. Johann. — De l'établissement du courant dans les transformateurs (II, 5-38).

VIII. — *Éclairage et Photométrie.*

1888. — Expériences faites au Laboratoire central d'Électricité sur les risques d'incendie par lampes à incandescence (I, 1-4).

1890. — de Nerville. — Observation sur l'éclairage électrique à l'Exposition universelle de 1889 (I, 4-10).

1890. de Nerville. — Sur les valeurs de l'éclairement de différents locaux (I, 10-19).

(1) Les renvois se rapportent à la publication : *Travaux du Laboratoire central d'Électricité*. Paris, Gauthier-Villars.

Digitized by Google

1898. F. Laporte. — Étude sur les étalons lumineux usuels (I, 55-72).

1899. F. Laporte. — Appareil employé au Laboratoire central d'Électricité pour l'étude de la répartition lumineuse des lampes à arc (I, 76-91).

1901. F. Laporte et C. Léonard. — Recherches sur l'arc à courant continu exécutées au Laboratoire central d'Electricité (I, 142-188).

1901. F. Laporte. — Résultats de quelques expériences photométriques sur la lampe Bremer exécutées au Laboratoire central d'Électricité (I, 188-199).

1901. C. Léonard. — Étude des variations d'intensité lumineuse, dans une période, des lampes à incandescence alimentées par courant alternatif (I, 202-223).

1904. F. Laporte. — Recherches expérimentales sur l'arc à courants alternatifs (I, 338-381).

1905. P. Janet. — Essais comparatifs de lampes à incandescence de 110 et de 220 v exécutés par le Laboratoire central d'Électricité à la demande de la Sous-Commission chargée de l'étude du régime futur de l'électricité à Paris (I, 455-478).

1906. F. Laporte et R. Jouaust. — Étude sur le rapport des trois lampes Carcel, Hefner et Vernon-Harcourt (II, 65-80).

1907. A. Perot et P. Janet. — Extraits du rapport adressé à la Commission internationale de Photométrie (II, 80-83).

1907. P. Janet. — Nouvelles lampes électriques au tungstène (II, 83-87).

1907. F. Laporte et R. Jouaust. — Influence de la température ambiante sur l'intensité d'une lampe à incandescence électrique (II, 87-89).

1907. F. Laporte. — La Commission internationale de Photométrie (II, 131-144).

1908. F. Laporte. — Résultats d'essais sur les lampes à filament métallique (II, 299-318).

1913. A. Broca et F. Laporte. — Quelques difficultés de la photométrie des sources luminescentes industrielles. Nécessité d'employer le photomètre le plus simple pour la comparaison des lumières très différentes (III, 214-221).

1914. F. Laporte. — Essais photométriques sommaires d'appareils cinématographiques (*Bulletin de la S. I. E.*, p. 381).

IX. — *Électrophysiologie.*

1908. A. Broca et F. Laporte. — Étude des principales sources de lumière au point de vue de l'hygiène de l'œil (II, 144-174).

1911. Dr Weiss. — Sur les effets physiologiques des courants électriques (III, 1-21).

1911. Dr Weiss. — Expériences sur l'électrocution, effectuées au Laboratoire central d'Électricité par la Commission chargée par le ministère des Travaux publics d'élaborer le texte de l'instruction sur les premiers soins à donner aux victimes des accidents électriques. Rapport de M. Zacon (III, 21-83).

1911. M. Guéry. — Note au sujet du danger spécial des courants alternatifs provenant de la capacité (III, 83-87).

1913. A. Broca, Jouaust, de la Gorce et Laporte. — Étude des nouvelles lampes électriques luminescentes. Action sur l'œil du rouge extrême et de l'ultraviolet (III, 201-214).

X. — *Recherches diverses.*

1896. P. Janet. — Sur une méthode d'évaluation de la température des lampes à incandescence (I, 27-33).

1896. P. Janet. — Sur la température des lampes à incandescence (I, 33-36).

1897. F. Laporte. — Étude expérimentale des coupe-circuits et des fils fusibles (I, 36-55).

1898. P. Janet. — Sur le redressement des courants alternatifs (I, 72-76).

1901. P. Janet. — Sur l'arc électrique employé comme récepteur téléphonique (I, 199-202).

1902. P. Janet. — Application de l'arc chantant de Duddell à la mesure des faibles coefficients de self-induction (I, 223-225).

1902. P. Janet. — Quelques remarques sur la théorie de l'arc chantant de Duddell (I, 225-228).

1903. P. Janet. — L'accumulateur Edison (I, 283-312).

1907. P. Janet. — Remarques sur l'accumulateur Edison (I, 89-91).

1911. C. Villiers. — Étude expérimentale sur la résistance des rails d'acier en courant alternatif (II, 474-484).

Annexe II. — Role scientifique international du Laboratoire central d'Électricité (1).

1904

Le Lamp Testing Bureau, de New-York, présidé par M. Lieb et ayant comme chef des essais M. Sharp, ayant décidé de faire contrôler ses étalons dans les principaux laboratoires de l'Europe, des études photométriques furent instituées au Laboratoire central à Paris; au National physical Laboratory, à Londres; au Laboratoire des ateliers Ediswan Lamp, à Londres, et à la Reichsanstalt, à Berlin. Les moyennes de six lampes observées ont donné, en bougies décimales, les résultats suivants :

Lamp Testing Bureau	16,1
Laboratoire central	16,2
Reichsanstalt	16
National physical Laboratory	16,65 (2)
Laboratory of Ediswan Lamp	17,85

L'accord entre les laboratoires américain, allemand et français est remarquable.

. . . . . .

Outre ce travail considérable, le Laboratoire a accompli toute une série de recherches :

. . . . . .

Comparaison de nos ohms étalons métalliques et mercuriels entre eux et avec les étalons du Bureau international des poids et mesures.

. . . . . .

Comparaison de piles étalons.

(1) Extraits des Rapports annuels présentés par le Directeur du Laboratoire à l'Assemblée générale de la Société internationale des Electriciens.

(2) Valeur obtenue par rapport à deux lampes étalonnées par le professeur Fleming.

Digitized by Google

1905.

. . . . . .

Le Laboratoire, en outre, a entrepris des recherches sur les étalons de résistance mercuriels, dont les principaux résultats ont été signalés ici même (*Bulletin de la Société internationale des Électriciens*).

1906.

. . . . . .

Les principales recherches exécutées au Laboratoire en 1906 ont rapport à la photométrie, et plus particulièrement à la comparaison des étalons lumineux à flamme (Carcel, Hefner, Vernon-Harcourt). Un important mémoire sur ce sujet a été publié dans notre *Bulletin* par MM. Laporte, sous-directeur, et Jouaust, chef de travaux au Laboratoire. L'origine de ces recherches est intéressante à signaler : au moment de l'Exposition de 1900, le Congrès international de l'Industrie du gaz, réuni à Paris, décidait la création d'une Commission internationale de Photométrie; cette Commission, qui se réunit pour la première fois à Zurich en 1903, mit à l'ordre du jour de ses travaux la comparaison des étalons lumineux usuels. Le Laboratoire central, d'où étaient sorties en 1878 les premières études de M. Laporte sur ce sujet, était tout désigné pour apporter une contribution importante aux travaux de la Commission. Il fut donc décidé que des mesures seraient effectuées simultanément et indépendamment au Laboratoire central et au Laboratoire d'essais du Conservatoire des Arts et Métiers. Vous avez pu lire dans le *Bulletin* les résultats de ces travaux et de l'entente qui en est résultée ; nous poursuivons encore de plus près l'étude de la question, et le Laboratoire central sera représenté avec autorité par M. F. Laporte, à la réunion de la Commission internationale, qui aura lieu à Zurich le 13 juillet prochain.

A côté de ces travaux, M. Péridier, ancien élève de l'École supérieure d'Électricité, titulaire de la bourse Hughes, a consacré une grande partie de l'année aux études préparatoires de l'électro-dynamomètre absolu dont nous avons parlé plus haut, dont les principales dimensions ont été fixées par M. Mascart. La construction de cet appareil a été confiée à notre ancien président, M. Carpentier. M. Péridier a en outre effectué de nombreuses comparaisons, encore inédites, sur des éléments Weston d'origines très variées.

1907.

. . . . . .

Le Laboratoire a continué en 1907 ses travaux photométriques dont M. Laporte vous a entretenus à la séance de novembre. Comme vous le savez, de nombreuses comparaisons entre les étalons photométriques usuels ont été effectuées, et, grâce aux subventions que nous ont accordées M. Hippolyte Fontaine et la Société technique du gaz, MM. Laporte et Jouaust ont pu se rendre à Londres et à Berlin pour rattacher nos mesures photométriques à celles du National physical Laboratory d'Angleterre et de la Reichsanstalt d'Allemagne. Grâce à ces mesures croisées, l'accord le plus complet a pu être établi entre les différents pays; il ne restait plus qu'à le sanctionner par une conférence internationale : c'est ce qu'a fait la Commission internationale de Photométrie qui s'est réunie à Zurich au mois de juillet dernier; le Laboratoire central y était dignement représenté par son sous-directeur, M. Laporte, qui avait pris une si grande part aux travaux préliminaires. M. Laporte vous a exposé ici même les résultats de cette réunion.

. . . . . .

Mais le trait le plus saillant de l'activité du Laboratoire pendant l'année 1907 a consisté dans les relations de plus en plus nombreuses qu'il a entretenues avec les Laboratoires nationaux de l'étranger : Angleterre, États-Unis, Allemagne. On me permettra d'insister quelque peu sur ce point, auquel j'attache une grande importance.

On se souvient qu'à la suite d'un vœu émis par le Congrès de Saint-Louis, en 1904, il a été décidé qu'une Commission internationale se réunirait pour l'étude des questions relatives aux unités électriques. Une première conférence préparatoire, d'un caractère officieux, présidée par M. Mascart, qui représentait la France, s'est réunie à Berlin en octobre 1905; à la suite de cette réunion, une Commission française fut instituée le 1er décembre 1905 par M. le sous-secrétaire d'État des Postes et Télégraphes pour préparer la représentation de la France à la Conférence officielle qui doit avoir lieu en octobre 1908. Le Laboratoire avait sa place toute marquée dans les travaux prévus; aussi fut-il décidé que le Laboratoire entreprendrait une série de recherches sur les éléments au cadmium d'une part, et sur une nouvelle détermination de l'ampère, de l'autre. Ces recherches, fort avancées à l'heure actuelle, seront publiées dans le Bulletin des vacances de notre Société; pour l'instant, je ne ferai qu'indiquer les principaux résultats de nos recherches sur l'élément au cadmium. Dans le courant de 1906 et de 1907, nous avons construit une série d'éléments avec des produits chimiques de provenances diverses; en particulier, des produits purs furent préparés sous notre direction au laboratoire de M. Moissan et à celui de M. Péchard à la Faculté des Sciences : la comparaison des éléments ainsi préparés et d'un grand nombre d'autres de provenances étrangères fut régulièrement poursuivie et nous pûmes commencer des échanges avec les laboratoires étrangers. Dans le courant de l'année 1907, M. Burgess, physicien du Bureau of Standards de Washington, est venu en Europe apportant successivement dans les différents laboratoires des éléments de construction américaine; d'autre part, MM. Laporte et Jouaust ont profité de leur mission à Londres et à Berlin pour y effectuer des comparaisons entre nos éléments et ceux de ces laboratoires, et enfin un certain nombre de nos piles furent confiées au National physical Laboratory et au Bureau of Standards. Toutes ces comparaisons nous amenèrent à une concordance exacte, à quelques cent millièmes près, entre tous ces étalons. Il semble donc que la question de l'élément au cadmium soit bien près d'être au point.

Quant à la balance électrodynamométrique pour la mesure absolue de l'ampère, la plus grande partie de l'année 1907 a été employée à sa construction et à son étude; l'enroulement des bobines en particulier a été fait et mesuré avec un soin minutieux dont on pourra juger lorsque nous aurons dit que nous cherchons une précision du dix-millième.

Sans insister autrement sur ces mesures qui sont encore en cours d'exécution, nous devons dire un mot des moyens qui ont permis de les entreprendre ; les ressources ordinaires du Laboratoire n'auraient, bien entendu, pas permis d'y songer : il nous a donc fallu faire appel à des dons exceptionnels; nous les avons trouvés en partie dans les fonds qui ont été remis à la Société spécialement pour cet objet par notre collègue M. Eug. Sartiaux, en partie dans les subventions que m'a allouées personnellement la Caisse des recherches scientifiques.

C'est ainsi que nous avons pu mener à bien un travail

Digitized by Google

qui rentre essentiellement dans nos attributions puisque, d'après nos statuts, nous devons : 1° réunir et conserver une série d'étalons de toutes les grandeurs électriques...

Il ne faut pas oublier en effet que le Laboratoire central d'Électricité, constitué par décret du 4 février 1889, et dont notre Société a entièrement pris la charge par la convention de 1893, est, en France, le seul établissement public répondant à ce besoin, d'un intérêt général et évident ; à ce point de vue, il est l'analogue en France, pour la partie électrique, des grands laboratoires nationaux de l'étranger, Allemagne, Angleterre, États-Unis, établissements largement subventionnés et pourvus de tout l'outillage et de tout le personnel nécessaire ; aussi est-ce vers nous que se dirigent immédiatement les représentants de ces laboratoires étrangers lorsqu'ils se rendent en France ; le rôle qui nous est attribué nous impose des devoirs spéciaux, et de grands efforts restent à faire pour assurer un certain caractère permanent à cette branche de l'activité du Laboratoire, qui n'a pu se développer récemment que grâce à des circonstances et à des ressources exceptionnelles.

1908.

. . . . . .

Les recherches du Laboratoire pendant l'année 1908 ont surtout porté sur les unités électriques. J'ai longuement exposé, dans mon Rapport de 1907, l'origine et le but de ces travaux ; je n'ai donc pas à y revenir ici. Conformément au programme qui avait été tracé, le Laboratoire a effectué une série complète de recherches sur l'élément étalon au cadmium de Weston ; sur la mesure, au moyen d'un électrodynamomètre absolu, de la force électromotrice de cet étalon, et sur la mesure de l'équivalent électrochimique de l'argent ; ces travaux ont fait l'objet de trois importants mémoires qui ont été publiés dans le Bulletin de vacances de la Société. Mais là ne s'est pas borné le rôle du Laboratoire : c'est en effet chez nous et avec l'aide de notre personnel et de notre matériel que M. Pellat a effectué ses mesures sur l'électrodynamomètre absolu de son système. Ces recherches ont montré l'avantage considérable qu'il y a à centraliser dans un même laboratoire des travaux de ce genre : le Laboratoire central, en effet, a pu, dans cette circonstance, mettre à la disposition de M. Pellat ses étalons de résistance et de force électromotrice, et ainsi ses mesures ont pu être directement rattachées aux nôtres.

Il en a été de même des mesures effectuées par M. Guillet sous la direction et dans le laboratoire de M. Lippmann à la Sorbonne ; c'est encore le Laboratoire central qui a pu fournir à M. Guillet les résistances étalonnées et les éléments étalons dont il avait besoin ; tous ces travaux ont, comme on le sait, été publiés dans le Bulletin de la Société. Ils offrent pour la première fois un exemple de travaux d'ensemble exécutés en coopération, notre Laboratoire étant le centre qui a tout réuni ; l'exemple de tels travaux est encore trop rare pour ne pas être ici signalé avec quelque insistance : il est à remarquer, en effet, que les travaux de ce genre, et nous en pourrions citer, quel que soit le soin avec lequel ils ont été effectués, perdent une grande partie de leur valeur lorsqu'ils restent individuels ; dans les circonstances présentes, le Laboratoire central a donc entièrement répondu à l'une des pensées de ses fondateurs.

. . . . . .

Indépendamment de ces recherches sur les unités électriques, le Laboratoire a continué ses études en commun avec les laboratoires nationaux d'Angleterre et d'Amérique pour l'unification des unités d'intensité lumineuse.

Grâce à la présence simultanée en Angleterre, de M. Laporte, représentant le Laboratoire central, et de M. Rosa, représentant le Bureau of Standards de Washington, des expériences comparatives directes ont pu être exécutées au National physical Laboratory de Teddington, sur le même banc photométrique, avec les mêmes lampes et les mêmes observateurs ; de telles mesures, que les circonstances rendent ordinairement difficilement réalisables, présentent une haute valeur scientifique et technique. Ces expériences, jointes à celles qui se sont poursuivies depuis plusieurs années, ont rendu possible une entente entre les trois laboratoires, entente sur laquelle nous aurons ultérieurement à revenir.

1909.

. . . . . .

Les principales recherches effectuées en 1909 ont, comme les années précédentes, porté sur les unités électriques. Le Laboratoire central, en effet, tient à honneur de continuer et de relever ces études, qui, après être nées en France au célèbre Congrès de 1881, avaient été quelque peu négligées depuis une vingtaine d'années, alors que les grands pays étrangers s'en occupaient activement. Les recherches exécutées en 1909 ont l'origine suivante :

Rappelons qu'après la Conférence officielle sur les unités électriques, tenue à Londres en octobre 1908, une Commission scientifique internationale, sans caractère officiel, s'est formée pour continuer les études rendues encore nécessaires par les légères différences des résultats obtenus dans les divers laboratoires.

En particulier, quelques doutes subsistaient encore sur le degré de concordance qu'on peut espérer entre les diverses mesures effectuées au moyen du voltamètre à argent : l'ampère ayant été officiellement défini, à la Conférence de Londres, comme étant le courant qui, passant à travers une solution d'azotate d'argent, dépose 1.118 mg d'argent par seconde, il était essentiel de reprendre des mesures pour voir jusqu'à quel degré d'approximation cette définition, appliquée dans divers laboratoires, donnerait la même valeur pour l'ampère unité. C'est pour contribuer à l'éclaircissement de cette question que M. Laporte a entrepris, en collaboration avec M. de la Gorce, une étude sur l'équivalent électrochimique de l'argent dont les résultats ont été résumés dans une note à l'Académie des sciences et publiés in extenso dans notre Bulletin.

D'autre part, M. Jouaust continuait ses recherches sur les éléments étalons au cadmium et sur les différents étalons de résistance possédés par le Laboratoire : ce travail vient également de paraître dans notre Bulletin.

Des études analogues se poursuivaient dans les laboratoires nationaux d'Allemagne, d'Angleterre et d'Amérique. Pour établir une concordance définitive entre les mesures des quatre laboratoires, nos collègues américains du Comité scientifique international, MM. Stratton et Rosa, proposèrent d'organiser, au Bureau of Standards de Washington, des expériences comparatives et simultanées auxquelles prendraient part des représentants des quatre établissements en question. Le Laboratoire central d'Electricité a délégué pour cette mission de confiance son sous-directeur M. Laporte qui s'est embarqué, le 19 mars 1910, sur la « Savoie » ; à la suite d'une démarche faite auprès de M. le ministre des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes, nous avons obtenu que M. Laporte fût officiellement recommandé par le gouvernement français au département du Commerce et du Travail des Etats-Unis dont dépend le Bureau of Standards. Ajoutons qu'une partie des

Digitized by Google

fonds nécessaires à l'accomplissement de cette mission a été recueillie en très peu de temps, grâce à une souscription toute spontanée, organisée par un certain nombre de nos collègues qui sont toujours prêts à venir en aide au Laboratoire lorsque le besoin s'en fait sentir.

1910.

. . . . . .

Les travaux les plus importants effectués au Laboratoire en 1910 ont porté, comme les années précédentes, sur les unités électriques. Nous rappellerons, à ce sujet, les communications faites à la Société par MM. Laporte et de la Gorce sur l'équivalent électrochimique de l'argent, et par M. Jouaust sur les étalons de résistance et de force électromotrice. Mais l'événement le plus intéressant de l'année a été la délégation, à Washington, de notre sous-directeur, M. Laporte, qui a collaboré avec MM. Rosa, Wolff, Jager et Smith aux expériences internationales, entreprises au Bureau of Standards sur l'équivalent électrochimique de l'argent et l'élément étalon au cadmium. Les résultats de ces recherches ne pourront être publiés que lorsqu'ils auront reçu l'approbation du Comité scientifique international des unités électriques qui en avait pris l'initiative. M. Laporte a résumé ici même ses impressions de voyage et rappelé avec quelle courtoisie il avait été accueilli aux Etats-Unis.

Depuis le retour de M. Laporte, le Laboratoire a exécuté quelques mesures, suite naturelle du travail de Washington: c'est ainsi que nous avons comparé deux étalons de résistance de manganin appartenant au Bureau of Standards et qui avaient déjà été comparés à Londres et à Berlin; nous avons également continué l'étude d'étalons de résistances de manganin construits par la maison Carpentier et par la maison Otto Wolff; nous constituons ainsi, peu à peu, une base solide pour la conservation de l'ohm au Laboratoire, sous forme d'étalon en fil métallique. Toutes ces comparaisons ont été faites au moyen d'un pont d'un nouveau modèle construit au Laboratoire et combiné par M. R. Jouaust.

Nous avons continué la construction régulière de piles étalon Weston (40 environ dans l'année) et nous avons pu en communiquer des exemplaires à plusieurs laboratoires de physique.

Parmi les recherches non encore publiées ou non susceptibles de l'être, nous citerons encore: des recherches sur les divers procédés de mesure des grandeurs magnétiques, entreprises d'accord avec le Bureau of Standards avec lequel nous avons échangé des éprouvettes d'acier ou de tôles.

. . . . . .

Enfin, nous avons correspondu, à propos du choix d'un cuivre étalon, avec le Bureau of Standards, à qui nous avons communiqué le résultat de nombreuses mesures de résistivité faites au Laboratoire depuis sa fondation.

1911.

. . . . . .

Les travaux du Laboratoire sur les unités et étalons se sont poursuivis comme les années précédentes.

a. Résistance. — Il a été fait une étude, sur laquelle nous aurons occasion de revenir, d'un manganin fabriqué sur notre invitation par une maison française.

La résistivité de l'alliage, le coefficient de variation de la résistance avec la température et l'influence du recuit effectué dans différentes conditions ont été étudiés avec soin. Des ohms ont été fabriqués par la maison Carpentier avec le fil de cette provenance et ces résistances sont depuis plusieurs mois mesurées périodiquement pour vérifier la constance du réglage et la stabilité de l'alliage. Les renseignements recueillis seront publiés quand la durée de l'étude sera suffisante pour permettre une conclusion sûre.

b. Éléments étalons. — Des éléments Weston ont été construits périodiquement dans le courant de l'année, de manière à maintenir au Laboratoire de 50 à 100 éléments en bon état, constituant une base fixe pour les mesures de force électromotrice. De cette façon, l'âge moyen des groupes d'éléments constituant la base peut être maintenu constant. Diverses améliorations de détail ont pu être apportées à la construction des éléments; ils sont maintenant fermés à la lampe, ce qui diminue les causes d'altération. Dans le courant de l'année, nous avons pu effectuer une comparaison de nos éléments avec ceux du Bureau of Standards et ceux du National physical Laboratory.

MM. Mac Kelvy et Dorsey, physiciens du Bureau of Standards, avaient apporté des éléments avec eux. D'autres ont été expédiés avec un emballage spécial monté à la cardan, mais le voyage ne leur a pas été favorable et plusieurs sont arrivés détériorés.

Nous avons pu constater que la concordance des mesures de force électromotrice était toujours très satisfaisante.

Deux éléments de notre construction ont été donnés au physicien japonais, le Dr Shimidzu, directeur du Laboratoire électrotechnique de son gouvernement. On voit donc que les relations internationales entre laboratoires pour les mesures électriques s'étendent de plus en plus.

c. Électrodynamomètre. — Dans le courant de l'année, une lettre du Dr Dorsey, physicien du Bureau of Standards de Washington, nous signalait qu'il avait cru trouver la cause de l'écart de 2 à 3 dix-millièmes, qui subsistait entre nos mesures de 1908 de la force électromotrice de l'élément Weston au moyen de l'électrodynamomètre absolu, et celles des différents autres expérimentateurs. Cette cause résidait, d'après le Dr Dorsey, dans la manière dont le calcul de la constante de notre appareil avait été entrepris. Nous avions limité les dimensions des bobines aux axes des spires terminales, tandis qu'il convient de les limiter au rectangle circonscrit à ces spires, isolant compris. M. Jouaust a repris dans ces conditions, le calcul long et compliqué de la constante.

La valeur trouvée pour la force électromotrice du Weston à 20°, qui était 1,01859, devient alors 1,01836 en bonne concordance avec les mesures obtenues par différentes méthodes :

Pellat	1,018 31
Guillet	1,018 12
National physical Laboratory	1,018 18
Bureau of Standards	1,018 25
Haga et Boerhaama	1,018 25

d. Photométrie. — Le Laboratoire a participé dans le courant de l'année à une comparaison internationale photométrique entreprise par le Dr Clayton Sharp, directeur de l'Electrical Testing Laboratory, de New-York. Cet ingénieur bien connu a fait passer dans les différents laboratoires d'Europe, National physical Laboratory et Physikalisch-Technische Reichsanstalt, quatre lampes étalons au tungstène. Des comparaisons de ce genre ont été faites déjà à plusieurs reprises, mais la nouveauté de l'opération consiste en ce que les lampes étaient photométrées deux fois. Une première fois, à la tension ordinaire 105 v, la lampe au

Digitized by Google

tungstène ayant une consommation spécifique normale de 1,25 w par bougie et une autre fois à 70 v environ. A cette tension les lampes au tungstène ont la même teinte que les lampes au carbone de 3,5 w par bougie.]

De cette façon, la comparaison des mesures photométriques a pu se faire avec la teinte ordinaire des lampes au carbone, puis avec la teinte des lampes au tungstène.

Les mesures ont montré que les écarts avec la valeur moyenne sont les suivants avec la teinte des lampes au carbone :

	Pour 100.
E. T. L. (Electrical Testing Laboratories).....	— 0,27
P. T. R. (Physikalisch-Technische Reichsanstalt).	+ 1,06
L. C. É. (Laboratoire central d'Électricité).....	— 0,4
N. P. L. (National physical Laboratory).....	+ 0,27
B. of S. (Bureau of Standards).....	— 0,4

(Valeur de l'hefner : 0.9 bougie franco-anglo-américaine.)

Avec les teintes différentes, les différences entre les résultats sont plus considérables :

	Pour 100.
E. T. L.....	+ 0,36
P. T. R.....	+ 2,4
L. C. É.....	— 2,2
N. P. L.....	— 0,3
B. of S.....	— 0,45

Il semble qu'il y ait là une différence systématique à étudier. Ce travail très intéressant aurait besoin d'être repris et complété pour arriver à une interprétation complète, mais il montre une fois de plus combien il est délicat et long d'arriver à rendre les mesures parfaitement comparables dans des laboratoires différents.

1912.

. . . . . .

a. Résistances. — *Relations avec les laboratoires étrangers.* — 1° Conformément au vœu qui avait été émis à Washington pour assurer la concordance des mesures et le maintien des unités dans les quatre laboratoires : Reichsanstalt, National physical Laboratory, Bureau of Standards et Laboratoire central, le Bureau a pris l'initiative de faire circuler en Europe quatre résistances d'un ohm en manganin scellé dans du pétrole.

Après un premier passage au Laboratoire central, les résistances ont passé successivement à Charlottenburg, à Teddington, sont revenues à Paris et ont été renvoyées à Washington. Nous donnons ci-dessous les valeurs trouvées dans les différents laboratoires à la température de 25° :

	Numéros de la résistance.			
	11.	12.	3939.	3940.
B. of S. (juin 1912).	1,000 049	1,000 051	1,000 100	1,000 101
L. C. É. (sept. 1912).	1,000 042$_5$	1,000 044$_5$	1,000 094	1,000 094
P. T. R. (oct. 1912).	1,000 030	1,000 030	1,000 084	1,000 086
N. P. L. (oct. 1912).	1,000 037	1,000 039	1,000 093	1,000 095
L. C. É. (nov. 1912).	1,000 043	1,000 042	1,000 094	1,000 097

Comme on le voit, l'accord est très satisfaisant et les écarts moyens sont de l'ordre du cent millième.

D'autre part, nous avons profité d'un voyage de M. de la Gorce à Berlin, pour faire une comparaison supplémentaire. Il a bien voulu se charger de deux résistances en manganin ; les valeurs trouvées pour ces ohms sont les suivantes :

Laboratoire central d'Électricité.....	1,000 079	1,000 084
Physikalisch-Technische Reichsanstalt..	1,000 072	1,000 080

On a retrouvé, à 4 millionièmes près, la même différence que dans le tableau précédent.

Travaux effectués au Laboratoire central. — M. R. Jouaust a continué l'étude des ohms fabriqués avec du manganin de fabrication française recuit dans différentes conditions. Cette étude semble devoir conduire à des résultats intéressants, mais c'est une étude de longue haleine qui exige une étroite collaboration entre le constructeur et le Laboratoire.

b. Éléments étalons. — *Relations avec les Laboratoires étrangers.* — M. de la Gorce avait également emporté quatre piles étalons à Berlin ; les résultats des mesures sont donnés dans le tableau suivant, les mesures au Laboratoire central ayant été faites, bien entendu, avant et après le voyage :

N°s	L. C. É.	P. T. R.	L. C. É.
139.....	1,018 33	1,018 335	1,018 33
140.....	1,018 33	1,018 335	1,018 31
162.....	1,018 33	1,018 285	1,018 30
164.....	1,018 33	1,018 28	1,018 33

Travaux effectués au Laboratoire central. — Pour maintenir dans de bonnes conditions de constance la valeur du volt, il importe d'avoir toujours au Laboratoire un nombre assez considérable d'éléments Weston. Il faut de plus assurer leur renouvellement et maintenir approximativement le même âge moyen du groupe de piles servant à définir le volt. Systématiquement, environ tous les mois, tous les deux mois au plus, M. Jouaust construit quelques éléments qui viennent s'adjoindre après une étude de quelques mois au groupe déjà existant. C'est ainsi que, dans le courant de l'année, 50 à 60 éléments ont été construits. L'expérience de plusieurs années montre que cette manière de faire donne les bons résultats que nous en attendions.

Nous avons eu l'occasion de vérifier ou de fournir quelques éléments étalons, mais nous regrettons que les physiciens ou les laboratoires qui les emploient pour des mesures précises ne nous les fassent pas vérifier plus souvent. Une pile, fût-ce une pile étalon Weston, est, hélas, sujette à baisser et la confiance de l'expérimentateur ne doit pas être aveugle.

c. Photométrie. — *Relations avec les laboratoires étrangers.* — Le National physical Laboratory a envoyé dans le courant de l'année à la Reischsanstalt, puis au Laboratoire central, une série de douze lampes métalliques étalonnées à 75 et à 100 v. Les intensités lumineuses sont voisines de 11,5 et de 33 bougies. L'intérêt de cette étude, comme de celle que nous avons signalée l'année dernière, est de comparer les mesures photométriques des trois laboratoires avec des éclairements de colorations différentes. A 75 v, la lampe métallique donne la même teinte que les lampes à filament de carbone, tandis qu'à 100 v, la teinte est à peu près celle des lampes métalliques (1,4 à 1,5 w par bougie). Sans entrer dans le détail des résultats trouvés, j'indique ci-dessous la valeur moyenne des douze lampes :

	Tension environ.	
	75 volts.	100 volts.
National physical Laboratory.....	11,48	33,19
Physikalisch-Technische Reichsanstalt (valeur en hefners, multipliée par 0,9).....	11,505	33,32
Laboratoire central d'Électricité :		
Lectures de M. Laporte.....	11,49	32,6
Lectures de M. Jouaust.....	»	33,27

Digitized by Google

On voit que la concordance des mesures lumineuses entre les différents laboratoires est assurée d'une manière assez satisfaisante et l'on remarque qu'en lumière légèrement hétérochrome deux de nos observateurs présentent des différences du même ordre que celles des laboratoires. Nous n'insistons pas davantage, car nous n'avons pas encore reçu les valeurs des lampes à leur retour au National physical Laboratory, et cette vérification est nécessaire avant de tirer des résultats les comparaisons précises des mesures dans ces trois laboratoires.

1913.

. . . . . .

Signalons tout d'abord la part prise par le Laboratoire central d'Électricité dans la formation d'un nouvel organisme international, la Commission internationale d'éclairage. On se souvient que, depuis 1907, le Laboratoire, représenté par son sous-directeur, M. F. Laporte, participait aux travaux de la Commission internationale de Photométrie dont l'origine était purement gazière.

En 1912, l'Illuminating Society des États-Unis prit l'initiative d'un remaniement complet de l'organisation de cette Commission pour lui faire représenter effectivement tous les genres d'éclairages.

M. Laporte fut désigné pour faire partie d'un Comité international très restreint qui élabora avec beaucoup de difficultés et de travail le projet de statut qui fut discuté et adopté, après diverses modifications, par une réunion de délégués provisoires qui eut lieu à Berlin en août dernier. La Société des Électriciens y était représentée par MM. Broca, Laporte et par moi-même. La fin de l'année 1913 a vu la formation définitive à Paris du Comité national français de l'éclairage. Le Laboratoire central y est représenté par son directeur et par M. Laporte.

Cette nouvelle organisation a nécessité de nombreuses négociations et de laborieuses correspondances ; nous devons nous féliciter de son heureuse issue.

A Berlin également s'est réunie en septembre 1913 la Commission électrotechnique internationale. Le directeur du Laboratoire central et de l'École supérieure d'électricité faisait partie des délégués français à cette réunion. Parmi les questions qui y furent traitées, l'une intéressait particulièrement le Laboratoire : c'est celle du cuivre normal international qui avait fait l'objet depuis plusieurs années d'une volumineuse correspondance entre M. Stratton, directeur du Bureau of Standards ; M. Glazebrook, directeur du National physical Laboratory ; M. Warburg, directeur de la Technisch-Physikalische Reichsanstalt, et moi-même. Ce sujet en effet, si simple en apparence, soulève de nombreuses difficultés de détail qui n'ont pu être levées qu'après de laborieuses discussions. Les décisions définitives viennent d'être publiés par la Commission électrotechnique internationale.

Signalons également que la Sous-Commission des symboles, que j'avais l'honneur de présider à Paris en 1913, est arrivée à Berlin à des solutions définitives qui ont été ratifiées par l'Assemblée plénière.

Recherches et travaux sur les unités et étalons électriques.

a. Résistances. — *Relations avec les laboratoires étrangers.* — Nous avons eu l'occasion de comparer des résistances envoyées par le National physical Laboratory et qui avaient été mesurées en fonction des étalons mercuriels réalisés dans cet établissement. Les prototypes français de l'ohm n'étant pas encore terminés, nous n'avons pu donner la valeur de ces résistances qu'en fonction de la valeur de la base de Washington, en fonction de laquelle le National physical Laboratory avait lui-même évalué la valeur de ces résistances. La concordance a été satisfaisante, ainsi qu'on pourra le voir par les nombres suivants :

N°s	L. C. É.	N.P.L.N.	P.L.—L.C.
118.....	1,000 030	1,000 030	0.10^{-6}
203.....	1,000 014	1,000 008	-6.10^{-6}.

Travaux effectués au Laboratoire central. — M. R. Jouaust a continué l'étude des ohms montés avec du manganin de fabrication française. Il a constaté que le mode de montage utilisé ne convient pas et un nouveau procédé est en cours de réalisation.

b. Éléments étalons. — *Relations avec les laboratoires étrangers.* — 1° Nous avions donné au mois de juin 1911 deux éléments étalons à M. Shimidzu, de l'Electrotechnical Laboratory de Tokio, lors du voyage de ce physicien en France. Nous avons reçu des nouvelles de ces éléments qui ont été étudiés par M. Obata au mois de mai 1912.

Les résultats obtenus sont exprimés par la différence avec la valeur de l'élément normal dans les deux laboratoires :

N°s	(24 juin 1911).	(3 juin 1912).
149.....	$+ 3,5.10^{-5}$	$+ 0,5.10^{-5}$
150.....	+ 4,0	+ 0,6
	Paris	Tokio

2° Nous avons profité du voyage de MM. Molikoff et Saltznoff, physiciens de la Chambre centrale des Poids et Mesures de Saint-Pétersbourg, pour comparer trois éléments construits au National physical Laboratory. Nous devons rappeler à ce sujet que les éléments étalons du Laboratoire central d'Electricité, montés avec un sulfate mercureux, préparé par l'électrolyse alternative, sont considérés comme ayant une force électromotrice supérieure de 3 cent millièmes à la normale. Nous tenons compte de cette différence systématique dans nos comparaisons et, dans ces conditions, les valeurs attribuées par M. Smith à ces éléments et celles que nous avions trouvées concordent à 1 cent millième près.

Travaux effectués au Laboratoire central. — Nous avons continué, comme les années précédentes, la fabrication systématique des éléments étalons. Environ 40 éléments sont fabriqués dans le courant de chaque année.

1914.

. . . . . .

Un grand nombre de travaux étaient en cours au moment de la mobilisation. Nous signalerons les recherches sur le rayonnement du platine, en vue de réaliser l'unité Violle, effectuées par M. F. Laporte en collaboration avec M. Parmentier ; les recherches sur les étalons mercuriels de l'ohm effectuées par M. Jouaust (étalons prototypes).

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

Régularisation du régime des cours d'eau utilisés à la production de l'énergie hydro-électrique

Par suite des variations incessantes du débit des cours d'eau non régularisés par des lacs ou des barrages-réservoirs, la puissance dont disposent les usines hydro-électriques utilisant l'énergie de ces cours d'eau subit également des changements qu'il serait très utile, sinon de faire disparaître, au moins d'atténuer dans la mesure possible. — C'est à ce résultat qu'on s'efforce de parvenir moyennant l'exécution des travaux de régularisation décrits dans cet article. On y examine également les mesures législatives qu'il serait utile de prendre pour faciliter l'exécution de ces travaux.

Causes de l'irrégularité du régime des cours d'eau. — A l'exception de certaines rivières de plaine, coulant dans des bassins perméables, dont le débit varie peu suivant les saisons successives, les cours d'eau naturels ont un régime annuel plus ou moins irrégulier. En pays de montagnes, certains torrents, complètement à sec durant la majeure partie du temps, roulent pendant quelques heures, après chaque orage, des quantités d'eau parfois énormes. C'est ainsi que le torrent de Suzanne-Rousse (Alpes-Maritimes), dont la longueur n'est que de 7 000 m et la pente totale de 1 260 m, a un débit qui tombe jusqu'à 28 litres par seconde et s'est élevé, en crue exceptionnelle, à 126 m³ par seconde; le rapport entre ces deux chiffres, qui caractérise le degré de torrentialité, est donc de 4 500; il n'est que de 4 en ce qui concerne la rivière de Somme. Entre ces deux cas extrêmes, il existe des cours d'eau de degrés de torrentialité les plus divers.

L'alimentation des rivières, exception faite du résultat des condensations atmosphériques (brouillards, rosée, etc.), est soutenue, suivant les cas, par les pluies, d'une part, et par la fusion des neiges et glaces, d'autre part. Cette alimentation dépend donc de phénomènes atmosphériques naturels, que l'homme ne peut modifier à sa guise. Toutefois, certaines entreprises humaines ont eu pour résultat d'aggraver d'une manière très fâcheuse le régime de nombre de cours d'eau. Au premier rang, il faut signaler le déboisement et le dégazonnement des flancs des montagnes.

On est loin d'être d'accord sur le rôle de la forêt comme régulateur des pluies. Alors que certains pensent avec Babinet que ce rôle est des plus importants, d'autres partagent l'avis de Belgrand qui le classait dans les infiniment petits de la météorologie.

Par contre, tout le monde s'accorde à reconnaître les résultats déplorables de la disparition des épaisses végétations forestières qui recouvraient autrefois les flancs de hautes montagnes, aujourd'hui absolument arides. L'eau pluviale tombant sur un sol dénudé ruisselle à la surface et rejoint rapidement la rivière la plus proche qui, lors des orages, déborde subitement pour retomber ensuite à un niveau très bas. Les forêts, par contre, sont un régulateur des crues. Leur sol rendu spongieux par l'enchevêtrement des racines des arbres et par les végétaux qui tapissent le sol s'imbibe d'eau aux époques de pluie, pour la rendre peu à peu pendant les périodes de sécheresse. Le gazon a également un pouvoir rétentif considérable. Le régime de tous les cours d'eau dont le bassin supérieur a été plus ou moins déboisé ou dégazonné est devenu plus torrentiel; on y a constaté une recrudescence du volume des crues et une diminution sensible du débit en basses eaux.

Cet état de choses est particulièrement fâcheux quand on veut utiliser l'eau à la production de l'énergie électrique.

On cherche, il est vrai, aujourd'hui à y remédier dans la mesure possible; d'importants travaux de reboisement et de gazonnement ont été ou doivent être entrepris dans certaines régions montagneuses, inconsidérément dénudées et où les torrents exercent leurs ravages. Malheureusement, il faudra de longues années avant que ces travaux produisent des résultats sensibles et, d'autre part, il ne semble pas que des mesures efficaces aient été prises pour empêcher à l'avenir toute entreprise néfaste de déboisement.

On est donc amené à chercher des moyens plus rapides de relèvement du débit des rivières en basses eaux et de diminution des effets des crues, en utilisant les dépressions naturelles, telles que les lacs, comme réservoirs d'emmagasinement, ou, à défaut, en établissant dans les hautes vallées de peu de largeur des barrages, en arrière desquels on retient les eaux surabondantes des crues pour les restituer ensuite aux rivières en temps de pénurie.

Cette idée est déjà ancienne et c'est, semble-t-il, dans le but d'atténuer les effets des inondations qu'on a tout d'abord songé à emmagasiner et à retenir pendant la période critique la partie dommageable des crues dans

Digitized by Google

des réservoirs édifiés vers le haut bassin des rivières torrentielles. Après les désastres causés par les inondations du bassin de la Loire, en 1856, on avait songé, pour éviter si possible le retour de semblables calamités, d'établir dans la partie haute du bassin un grand nombre de réservoirs d'arrêt, normalement vides et destinés à emmagasiner les eaux des crues. Mais on reconnut que, pour avoir une action efficace, ces réservoirs, inutilisés pendant l'intervalle, pouvant être fort long, de deux inondations successives, auraient dû pouvoir contenir au moins 600 millions de mètres cubes et entraîné une dépense supérieure à 70 millions de francs. Aussi a-t-on renoncé à exécuter ces ouvrages.

L'objection tirée du prix très élevé de l'établissement de réservoirs utilisés seulement à de longs intervalles perd de sa valeur si l'on s'arrange de manière à les faire servir à d'autres usages permanents tels que la régularisation du régime des cours d'eau, la production de la force motrice, ou encore l'alimentation d'une ville. C'est ainsi qu'actuellement la ville de Saint-Etienne, pour augmenter ses ressources en eau potable, fait établir un barrage-réservoir sur la rivière du Lignon. Le volume d'eau nécessaire à emmagasiner étant de 3 millions de mètres cubes, il aurait suffit d'un barrage de 24 m de hauteur. Mais ses dimensions ont été calculées de manière à pouvoir porter ultérieurement cette hauteur à 54 m, ce qui permettra un emmagasinement de 20 millions de mètres cubes d'eau pour la production de la force motrice sur une hauteur de chute de 150 m, et même de ménager au-dessus un vide de 7 millions de mètres cubes pour retenir les eaux des crues. La dépense a été évaluée à 1 500 000 fr environ pour l'établissement du mur de 24 m de hauteur. Le surélèvement à 54 m entraînerait un supplément de dépenses de 4 500 000 fr environ. La quantité annuelle d'énergie disponible serait de près de 12 millions de kilowatts-heure auxquels viendraient s'ajouter 12 millions de kilowatts-heure d'énergie intermittente disponible, année moyenne, pendant sept mois de l'année.

En pratique, on s'efforce, autant que possible, d'utiliser à la production de l'énergie électrique la force motrice créée par la vidange des réservoirs d'emmagasinement édifiés en vue de la régularisation du régime des cours d'eau, quoique cette double utilisation ne soit pas toujours possible, ainsi que nous le verrons ultérieurement. De plus, ce mode de régularisation, très simple en principe, soulève souvent d'assez grandes difficultés d'application.

Nous nous proposons d'examiner les moyens pratiques de vaincre ces diffficultés qui sont, les unes de nature technique, et les autres d'ordre administratif.

Nous commencerons par exposer le côté technique de la question.

Différences entre les régimes des divers cours d'eau. — L'allure du régime annuel des rivières est très différente selon qu'il s'agit de torrents alimentés principalement par la fusion estivale des neiges et glaces ou de ruisseaux descendant de montagnes ou de collines élevées, mais prenant leur source en contre-bas de la région des glaciers et qui sont alimentés par les eaux pluviales. C'est ce que met en évidence la figure 1. La courbe II se rapporte à une rivière alpestre ayant sa

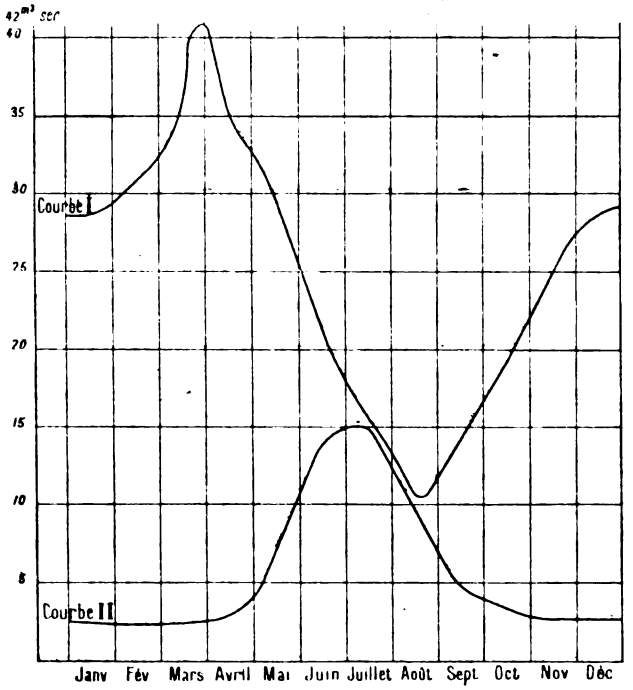


Fig. 1. — Graphiques montrant la différence d'allure des cours d'eau selon qu'ils sont à régime jurassique (courbe I) ou à régime glaciaire (courbe II).

source à plus de 3 000 m d'altitude. Les torrents de cette catégorie passent très régulièrement par une crue, chaque année, en été, alors que sous l'action de la chaleur des rayons solaires, les neiges de l'hiver précédent et les glaces entrent en fusion. Pendant l'hiver, toutes les précipitations atmosphériques affectent la forme de neiges qui tapissent le sommet des montagnes ; le débit passe alors par un minimum des plus accusés qui se prolonge pendant plusieurs mois consécutifs. Le cours d'eau en question est à régime *glaciaire*.

La courbe I est afférente à une rivière descendant du Massif Central et dont l'altitude de la source est de 1 600 m environ. Pendant l'été, où les pluies sont rares et ne proviennent guère que du produit des orages dont la durée est toujours faible, le débit passe par un minimum qui ne persiste que relativement peu de temps. Durant le reste de l'année, le régime est très variable et dépend uniquement de l'intensité et de la répartition des pluies. La portion de ces précipitations qui tombe sous forme de neige est moins considérable que dans le cas précédent, et la fusion en est achevée assez rapidement pour qu'elle soit incapable de relever le débit estival. C'est donc pendant l'été et le début de l'automne que le débit du cours d'eau passe par son minimum. On désigne souvent ce régime sous le nom de *jurassique*.

On voit, sur le graphique, que la période des plus

Digitized by Google

basses eaux de l'une des rivières coïncide presque avec la période des plus hautes eaux de l'autre. Cette circonstance, à peu près générale, a été mise à profit par diverses sociétés de distribution d'énergie hydro-électrique qui interconnectent l'énergie d'usines appartenant à l'une et à l'autre catégorie. C'est ainsi que la Société « Énergie électrique du littoral méditerranéen », dont toutes les installations hydrauliques sont dans la région des Alpes, possède des usines alimentées par des torrents à régime glaciaire et d'autres actionnées par des cours d'eau à régime jurassique. Les unes comme les autres sont reliées au réseau général de distribution qui se trouve ainsi alimenté d'une manière permanente en énergie hydro-électrique.

La Société de la Loire et du Centre, dont les principales usines hydrauliques sont situées dans la région du Massif Central, a eu recours à une solution ana-

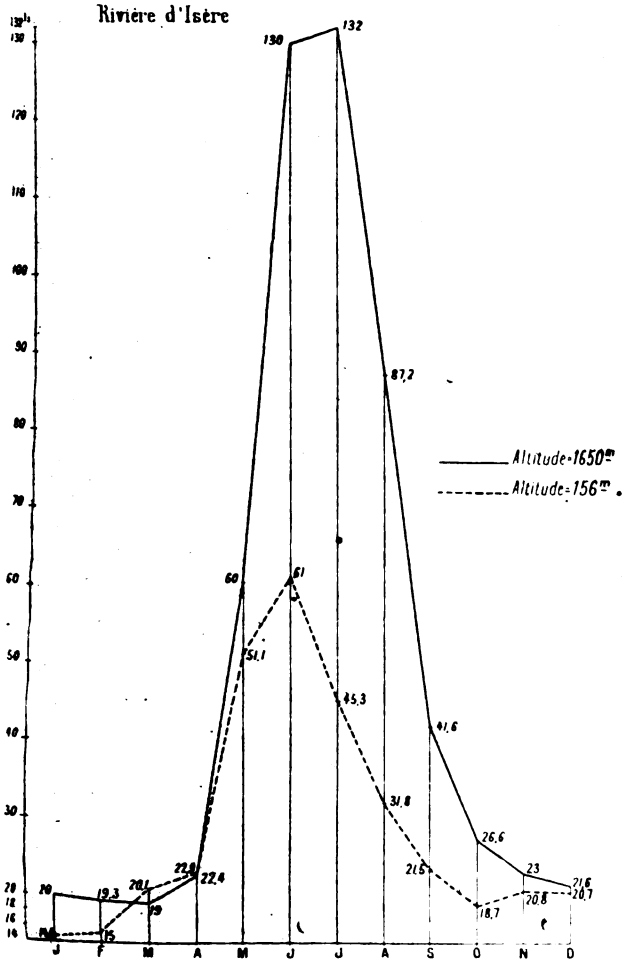


Fig. 2. — Comparaison entre les débits mensuels de l'Isère dans sa partie supérieure et sa partie inférieure.

logue; elle s'est assuré la jouissance d'une partie de l'énergie produite, dans les Alpes, par des torrents et la transporte des environs de Grenoble à Roanne par une ligne aérienne de 117 km de longueur. Mais cette dernière solution, assez coûteuse à cause de la grande distance de transport de l'énergie, ne suffit pas pour parer convenablement aux conséquences des variations de débit. La plupart du temps ce résultat, abstraction faite de l'emploi de moteurs thermiques de secours dont nous n'avons pas à nous occuper dans la présente étude, ne peut être obtenu d'une manière satisfaisante que par des emmagasinements d'eau dans le haut bassin des rivières alimentaires. C'est, en effet, dans la partie supérieure que les variations relatives de débit ont la plus grande ampleur. Le fait est mis en évidence par le graphique (fig. 2) sur lequel sont représentés les débits mensuels moyens d'une même rivière, l'Isère, d'une part à sa partie amont, et de l'autre à sa partie aval. Pour rendre comparables les indications des deux graphiques, nous avons ramené les débits au kilomètre carré de surface de bassin versant. Le rapport entre les débits maximum et minimum qui est de 7 pour la partie amont n'est plus que de 3,2 pour la section aval.

C'est également dans la partie supérieure des cours d'eau à forte pente qu'on rencontre des emplacements favorables pour barrer la gorge par des murs en arrière desquels vient s'accumuler l'eau des crues.

Des lacs-réservoirs. — Assez souvent, l'emmagasinement de ces eaux de crues existe naturellement. Les nombreux lacs qu'on rencontre dans les hautes vallées montagneuses, celles du massif des Pyrénées notamment, peuvent être transformés en réservoirs. A l'état naturel, le niveau de l'eau dans un lac varie assez peu; il existe, au point le plus bas de la ceinture des hauteurs qui l'entourent, un exutoire, sorte de déversoir naturel par-dessus lequel passe l'eau des crues pour alimenter le cours d'eau émissaire du lac. En barrant cet exutoire par un massif plein, en terre ou en maçonnerie, on relève le plan d'eau dans le lac d'une hauteur d'autant plus grande que ce massif est lui-même plus élevé. Au moyen d'une série de tuyaux de vidange traversant le mur et débouchant dans le lac à une certaine profondeur en contre-bas du niveau de l'émissaire, on peut évacuer, dans le cours d'eau qui y fait suite, tout le volume de la branche comprise entre le niveau surélevé et le niveau des tuyaux de vidange.

Les avantages de ce mode d'emmagasinement sont nombreux. D'une part, on n'a pas à se préoccuper du colmatage du fond du réservoir, qui est, comme nous le verrons, l'un des principaux obstacles à l'emploi de la solution des lacs artificiels. De l'autre, l'eau étant prise à une assez grande profondeur au-dessus du fond n'est pas chargée de ces sables et limons qui sont si redoutables pour les turbines. Aussi la transformation des lacs en réservoirs constitue-t-elle la solution la plus recommandable, toutes les fois qu'elle est pratiquement possible.

Un exemple très remarquable de la transformation de lacs en réservoirs dans le but de régulariser le débit des cours d'eau est celui de la distribution des eaux de la Neste (Hautes-Pyrénées) (fig. 3). Cette rivière, affluent de la Garonne, issue des Pyrénées, côtoie le plateau de

Digitized by Google

Lannemezan, sorte de terrasse circulaire, de laquelle sont issues, en éventail, toute une série de rivières dont deux, la Baïse et le Gers, sont classées comme navigables, mais qui toutes sont trop pauvrement alimentées pour permettre de maintenir, dans les rivières navigables, le tirant d'eau nécessaire et, en ce qui concerne les autres cours d'eau, pour répondre aux besoins industriels et agricoles des riverains On résolut d'alimenter artificiellement toutes ces rivières en y déversant une

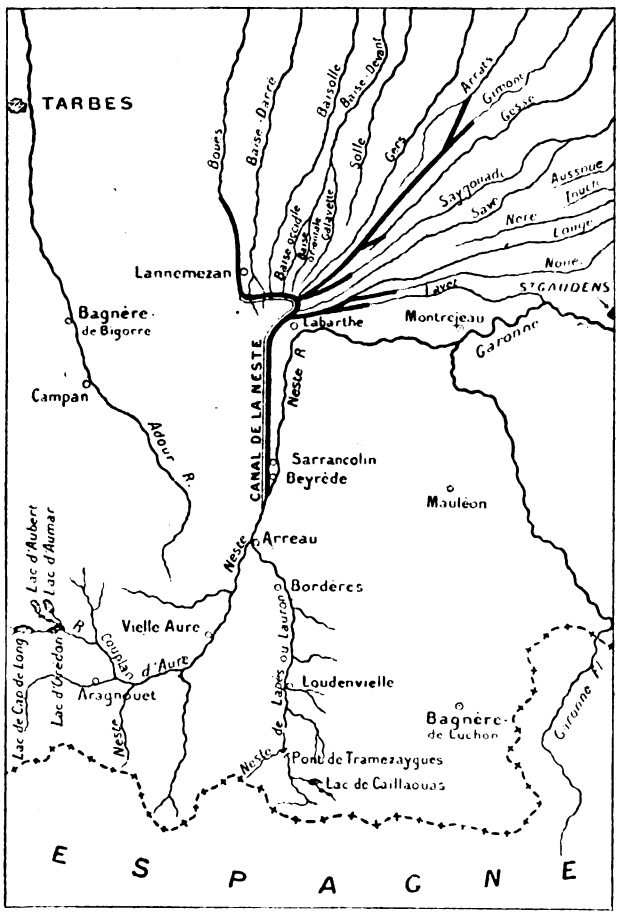


Fig. 3. — Carte signalant les aménagements effectués pour utiliser les eaux de la Neste.

partie des eaux de la Neste, dont le débit, soutenu par la fonte des neiges des Pyrénées était supérieur aux besoins, par l'intermédiaire d'un canal dérivé de cette rivière. Toutefois, avec le temps, le débit de la Neste, par suite de la rétrogradation des glaciers pyrénéens, subit progressivement une diminution telle qu'il devint indispensable de le renforcer en constituant des réserves dans le haut bassin de la Neste. On reconnut que, pour alimenter le canal tout en laissant dans la rivière le volume nécessaire pour la satisfaction des besoins acquis des usagers aux époques des plus grandes sécheresses, il était nécessaire de verser dans le canal un volume pouvant atteindre 7 m³: sec tout en laissant alors 6 m³: sec dans la Neste. Tout cela nécessitait la création d'une réserve de 26 millions de mètres cubes.

Dans ce but, on commença par aménager en réservoir le lac d'Orédon, situé en pleine région granitique et, par suite, à fond imperméable. Il reçoit le tribut de quatre lacs supérieurs : Cap-de-Long, les Laquettes, Aubert et Aumar. Sa superficie est de 24 hectares et celle de son bassin d'alimentation de 2 770 hectares. Son niveau d'étiage est à 1 852 m au-dessus du niveau de la mer. Les cimes qui l'environnent ont plus de 3 000 m d'altitude et sont couvertes de neige les trois quarts de l'année.

Les travaux de transformation du lac d'Orédon en réservoir comprennent : 1° une tranchée ouverte dans l'émissaire naturel et se prolongeant dans le lac à 7 m en contre-bas de son plan d'eau ; 2° un barrage en terre, établi en travers de l'émissaire et qui permet de surélever la retenue de 16,80 m. L'appareil de vidange se compose de onze conduites en fonte de 0,30 m de diamètre terminées par des robinets-vannes, enchâssées au bas d'un massif en béton de ciment. La capacité du réservoir est de 7 270 000 m³. Le réservoir a été mis en exploitation en 1885.

En présence de la réussite de cette opération, on a complété l'entreprise en aménageant d'abord le lac de Caillaouas, situé dans une autre vallée. Ici, il a paru inutile de relever le plan d'eau primitif qu'on a simplement maintenu à son niveau antérieur en fermant l'échancrure qui servait de trop plein par un mur en maçonnerie de faible hauteur, traversé par les tuyaux de vidange. La mise en service de ce réservoir a eu lieu en 1898.

Les lacs d'Aumar et de Cap-de-Long, tributaires de celui d'Orédon, ont été aménagés de la même manière, et sont utilisés depuis 1902. Il reste, pour terminer l'entreprise, à transformer en réservoir le lac d'Aubert, au moyen d'une surélévation du plan d'eau primitif de 7 m obtenue par un barrage en maçonnerie ; les travaux en ont été interrompus par la guerre.

Le tableau ci-après fait connaître les volumes d'eau emmagasinés :

NOMS DES LACS	SURFACE DE BASSIN VERSANT	SURFACE DU LAC	NIVEAU DE LA RETENUE	ÉPAISSEUR DE LA TRANCHE D'EAU DISPONIBLE	VOLUME D'EAU CORRESPONDANT
	hectares	hect.	cm	m	mètres cubes
Orédon.....	2 770	24	1 852	23,80	7 270 000
Caillaouas...	585	40	2 164	18,30	6 600 000
Aumar.....	395	13	2 216	6	1 130 000
Cap-de-Long	895	38	2 110	15,50	5 000 000
Aubert.....	465	»	2 164	13	4 600 000

Les travaux en question, étant donné l'intérêt général qu'ils présentaient, ont été exécutés par le ministère de l'Agriculture, entièrement à ses frais. Ils ont produit les meilleurs résultats. A partir de 1902, il a été possible de maintenir dans les rivières descendant du pla-

Digitized by Google

teau de Lannemezan, le débit minimum qui leur est attribué, tout en laissant au moins 6m³ : sec dans la Neste. On a généralement recours aux réserves à l'automne et pendant l'hiver, et la manœuvre des divers réservoirs s'effectue d'après des ordres transmis télégraphiquement ou téléphoniquement aux barragistes par les agents chargés de la manœuvre des vannes de prise du canal de la Neste, à Sarrancolin. En 1915, année qui a été plutôt humide, les robinets du réservoir de Caillaouas ont été ouverts du 1er janvier au 15 juin et du 15 au 25 septembre ; ils ont débité 5 200 000 m³ d'eau environ. Quant au réservoir d'Orédon, il a fourni un appoint de 28 000 000 m³ environ, soit au total 8 millions de mètres cubes.

C'est la seule entreprise de cette nature qui ait eu pour objet unique la régularisation du régime d'un ensemble de cours d'eau.

Les résultats obtenus ont été tellement appréciés des intéressés que le Conseil général du département des Hautes-Pyrénées, se faisant l'interprète des desiderata de ces derniers, a émis, dans sa séance du 28 septembre 1916, en faveur de leur extension, un vœu ainsi conçu :

Considérant que le régime irrégulier de nos torrents constitue un obstacle des plus sérieux à l'établissement d'usines de grande puissance,

Considérant que, en dehors du reboisement des montagnes, le principal remède à ce mal consiste dans l'aménagement des réservoirs situés en haute montagne,

Considérant que les résultats les plus heureux ont été déjà obtenus par le ministère de l'Agriculture en vue de l'établissement du canal de la Neste par l'aménagement des lacs d'Orédon, Aumar, Aubert, Cap-de-Long, Caillaouas, qui créent une réserve de 26 millions de mètres cubes d'eau, à laquelle va se joindre à bref délai la réserve supplémentaire de 7 millions de mètres cubes à provenir du barrage de l'Oule qui doit alimenter l'importante usine d'Eget,

Qu'il reste ainsi peu de chose à faire pour desservir complètement la vallée de la Neste,

Que, pourtant, on peut encore envisager un relèvement, par un barrage de faible dépense, de la retenue de Caillaouas et l'aménagement éventuel du petit lac de Pouchergues,

Considérant que les deux autres vallées principales du département, l'Adour et le Gave, pourront être améliorées de la même façon,

Que la vallée de l'Adour renferme, en dehors du lac Bleu, déjà aménagé, divers emplacements propres à l'établissement de réserves : Prade-de-Payolle, Cabanes-du-Tourmalet, la Prade dans la vallée de la Gaube, lacs de Caderolles, de Gréziolles, etc.,

Que, dans la vallée du Gave, on trouve également de pareils emplacements : Prade-de-Gavarnie, lacs de Gaube, de Lutour, d'Estaing, etc.,

Considérant que les résultats des études précédemment faites dans le même objet par l'initiative du Conseil général ont besoin d'être repris, aujourd'hui que la question prend un caractère actuel plus marqué,

Considérant enfin que, pour l'exécution des travaux, l'administration pourra faire appel au concours des industriels intéressés,

Le Conseil général émet le vœu :

Que M. le ministre de l'Agriculture veuille bien poursuivre les études relatives à l'aménagement de nos réserves dans les hautes vallées et ouvre, à cet effet, aux ingénieurs, les crédits nécessaires.

Quoique l'écoulement des eaux des réservoirs alimentant le canal de la Neste représente une force hydraulique considérable, il est à peu près impossible d'utiliser pratiquement l'énergie, à cause de l'irrégularité du régime des robinets de vidange qui, de plus, restent complètement fermés durant les périodes de remplissage des lacs. Toutefois, il est question actuellement d'utiliser les eaux de vidange du réservoir d'Orédon au moyen d'une prise faite dans le canal de dérivation à la cote (1 825 m), en conduisant les eaux par un canal souterrain de 3,500 km de longueur, débouchant à la cote (1 807,50 m) et alimentant le canal d'amenée de l'usine hydro-électrique d'Eget, dont il vient d'être parlé, laquelle sera actionnée, en outre, par les eaux du réservoir en construction de l'Oule, sur la Neste. Des dispositions seront prises afin de n'apporter aucun trouble dans le fonctionnement du canal sur la Neste. L'usine d'Eget, qui doit produire l'énergie nécessaire à la traction d'un groupe de lignes de la Compagnie des chemins de fer du Midi, recevrait de ce chef un supplément de puissance de 15 000 ch.

Dans le même massif pyrénéen, beaucoup de lacs ont été ou doivent être transformés en réservoirs. Mais le but de ces entrepises étant de créer de l'énergie hydro-électrique, la vidange se fait par des dérivations souterraines à faible pente amenant l'eau dans les chambres de mise en charge.

L'entreprise de cette nature la plus importante est celle de la transformation en réservoir du lac de Naguilhe qui alimente l'usine hydro-électrique d'Orlu appartenant à la Société pyrénéenne d'Energie électrique. Le lac, dont le niveau avant les travaux était à l'altitude de (1 847 m), a été transformé en réservoir en barrant l'exutoire par un mur en maçonnerie qui relève ce niveau à la cote (1 861,10 m). L'eau est dérivée dans un souterrain de prise qui aboutit à un puits vertical dont le fond est à la cote (1 836,40 m). De ce puits partent les conduites de dérivation qui amènent l'eau à la chambre de mise en charge, La hauteur totale de chute nette est de 936 m. L'usine comprend 5 turbines de 3 500 ch chacune actionnant des alternateurs de 3 000 kv-a.

Parmi les lacs actuellement transformés en réservoirs on peut citer, dans la même région des Pyrénées, les lacs des Bouillouses, de Lanoux, etc., qui sont utilisés pour la production de l'énergie nécessaire à la traction électrique de diverses lignes de la Compagnie des chemins de fer du Midi.

Nous citerons également le lac Chalain, dans le Jura, aménagé par la Société l'« Union électrique ».

Des barrages-réservoirs. — Si, dans la région des Pyrénées, comme, d'ailleurs, dans le Massif Central, on rencontre un assez grand nombre de lacs naturels susceptibles d'être aménagés en réservoirs, par contre, dans les Alpes, ils font presque complètement défaut.

Digitized by Google

En réalité, les cours d'eau alpestres pouvant être régularisés de cette manière ne constituent qu'une exception.

La plupart du temps, ce résultat ne peut être obtenu que moyennant l'établissement, dans la partie amont de la rivière et là où elle coule au fond d'une gorge encaissée, d'un mur de retenue de grande hauteur, en arrière duquel se forme un lac artificiel.

Toutefois, les emplacements favorables pour l'édification de semblables ouvrages sont assez rares. Il faut, en effet, qu'au point considéré le profil transversal soit aussi resserré que possible afin de réduire le cube de maçonnerie; il est indispensable que le fond et les flancs soient en terrain très dur et imperméable, sans failles ni poches d'argile, pour écarter toute chance de rupture; il faut qu'à l'amont la gorge s'épanouisse pour former une cuvette de grande surface, sans quoi le prix du mètre cube emmagasiné ressortirait à un chiffre inacceptable. Enfin, on doit éviter de noyer, par la retenue, des terres ayant une grande valeur, des habitations ou des voies de communication, dont l'acquisition ou la dérivation entraîneraient des dépenses considérables. Or, cet ensemble de conditions est parfois difficilement réalisé, ainsi que le montrera l'exemple suivant.

Depuis longtemps le ministère de l'Agriculture se préoccupe de réaliser, en ce qui concerne la Durance, une entreprise analogue à celle de la Neste, dont nous venons de parler, et, à défaut de lacs, d'établir, dans le haut bassin de cette rivière, des réservoirs d'emmagasinement dans le but de maintenir dans la rivière le volume d'eau nécessaire pour la satisfaction de tous les besoins acquis : irrigation et force motrice. A la suite d'une reconnaissance générale de tous les emplacements qui semblaient convenables, et après une étude approfondie, on a reconnu que le nombre de ces emplacements se réduisait à trois. A l'endroit le plus favorable, celui de Serre-Ponçon, sur la Durance, il serait possible d'emmagasiner un volume de 580 millions de mètres cubes moyennant l'établissement d'un barrage de 85 m de hauteur. Toutefois, des sondages effectués à l'emplacement de l'ouvrage ont traversé une couche de graviers de plus de 40 m d'épaisseur sans atteindre le rocher compact dans lequel devraient être encastrées les fondations. La possibilité de l'établissement du barrage n'est donc pas encore nettement reconnue.

D'autre part, les réservoirs édifiés sur des cours d'eau à débit solide important sont fatalement destinés à être comblés plus ou moins rapidement. C'est surtout dans les Alpes, où les flancs des montagnes sont composés de massifs calcaires friables, que le comblement est rapide. En Suisse, il a été créé, sur la Sarine, un lac de 1 000 000 m³ de capacité au moyen d'un barrage de 16 m de hauteur. On avait pensé que le comblement par les limons et graviers ne serait achevé qu'après une période de 30 ans, grâce à l'installation dans le barrage d'une vanne de purge actionnée par une turbine de 15 ch. Malheureusement, on négligea de faire fonctionner assez souvent cette vanne et, après deux ou trois ans, elle fut absolument bloquée par des matériaux de toutes sortes. On dut surélever l'ancien barrage de 2,50 m, ce qui a créé un nouveau lac d'une capacité d'environ 400 000 m³ [1].

Dans nos Alpes, ce sont l'Isère, le Drac, la Durance, son affluent le Verdon et l'Arve qui charrient le plus de matériaux solides. Au confluent de la Durance et du Verdon le débit solide atteint, en crues, 11,435 kg au mètre cube, soit 370 000 tonnes en 24 heures.

Sur le Verdon même, dans les gorges de Quinson, a été édifié, vers 1869, un barrage de 15 m de hauteur destiné à relever le plan d'eau de la rivière à l'amont, en vue de permettre l'alimentation d'un grand canal d'irrigation. A l'origine, le remous s'étendait à 4 700 m à l'amont et le réservoir ainsi constitué avait une capacité de 1 325 000 m³. Ce réservoir a été comblé en quatre ou cinq ans par les dépôts de limons, mais il est resté au-dessus de ces dépôts une section de 80 à 100 m² par laquelle s'écoulent les eaux du Verdon, en sorte que l'alimentation du canal reste possible.

A été comblé également avec une grande rapidité le lac artificiel créé par le barrage d'Avignonet, sur le Drac, établi par la Société grenobloise de force et lumière.

La question de la durée du comblement des réservoirs a été envisagée en ce qui concerne l'entreprise projetée de Génissiat sur le Rhône, laquelle consiste, à barrer une gorge étroite du fleuve par un mur en maçonnerie de 76 m de hauteur, créant un lac artificiel de 23 km de longueur au plan d'eau et d'une surface de 380 hect. environ; quant à la contenance, elle ne serait pas inférieure à 50 millions de mètres cubes d'eau. Le barrage serait placé à l'aval du confluent du Rhône et de l'Arve. Si le fleuve, dont les eaux se sont décantées à la traversée du lac de Genève, n'a qu'un faible débit solide, par contre, l'Arve charrie en abondance des alluvions. On estime que, si d'ici là on ne découvre aucun moyen pratique et efficace de dévasement, cette immense cuvette sera complètement comblée dans le délai d'une centaine d'années, laquelle, pourtant, pourrait, pense-t-on, être très augmentée par des dragages puissants.

Les auteurs du projet de barrage-réservoir de Serre-Ponçon se sont également préoccupés de la question de l'envasement.

La cuvette recevra les débits solides de la Durance et du Verdon dont le volume est évalué à 200 000 m³ par an. Pour l'évacuation de ces dépôts, il paraît indispensable de recourir à des procédés mécaniques. Les graviers pourraient être dragués, chargés sur des chalands et déversés dans la partie du réservoir formée par les 35 m inférieurs de la retenue qu'on ne compte pas utiliser. Cette partie du réservoir, dont la capacité est de 80 millions de mètres cubes pourrait recevoir les graviers pendant quelques siècles. On pourrait aussi créer, dans le bassin de la Durance, en amont du réservoir de Serre-Ponçon, des barrages de retenue des graviers de manière à n'envoyer dans le premier que des eaux con-

(1) Ces renseignements sont extraits de l'ouvrage intitulé : « Le charriage des alluvions dans certains cours de la Suisse », publié par le Service hydrographique suisse, en 1916.

Digitized by Google

venablement débarrassées des apports les plus volumineux.

Quant aux limons, ils pourraient être mis en mouvement et aspirés par des dragues suceuses qui, au moyen de longues bâches flottantes, permettraient de les refouler progressivement vers l'aval. C'est la solution qui a été adoptée par le service de la navigation du Mississipi. De proche en proche, les vases seraient refoulées dans la partie inutilisée du réservoir. Lorsque celle-ci serait à peu près comblée jusqu'à 35 m de hauteur, les apports ultérieurs de limon seraient aspirés par les évacuateurs (turbines ou vannages) et rejetés dans la Durance en aval.

Une telle opération serait très onéreuse et, au cas présent, elle nécessiterait une dépense annuelle d'au moins 250 000 fr, soit l'intérêt d'un capital de 5 millions de francs environ.

Quant au barrage lui-même, la dépense de premier établissement nécessaire, résultant d'une évaluation faite il y a plusieurs années déjà était estimée à 60 millions de francs.

L'établissement de ce barrage permettrait, il est vrai, d'utiliser l'énergie de l'eau tombée pour actionner une usine hydraulique de 80 000 ch dont les revenus viendraient atténuer le chiffre de la dépense. La vidange partielle de la réserve aux époques de basses eaux, qui durent six mois environ par an, aurait, de son côté, pour effet d'ajouter pendant ces six mois 30 m³:sec au débit naturel de la Durance. Étant donnée l'importance des usines qu'elle actionne et l'utilité des nombreux canaux d'irrigation qui en sont dérivés, l'établissement du barrage paraît amplement justifié. Il n'en est pas moins vrai que, dans la région des Alpes, la question de l'évacuation des apports solides doit être examinée avec le plus grand soin.

En ce qui concerne les Pyrénées, une étude très serrée de la quantité des limons en suspension dans les cours d'eau a montré qu'en général leurs eaux sont beaucoup moins limoneuses que celles des Alpes, ce qu'on attribue au fait que ces dernières étant, géologi-

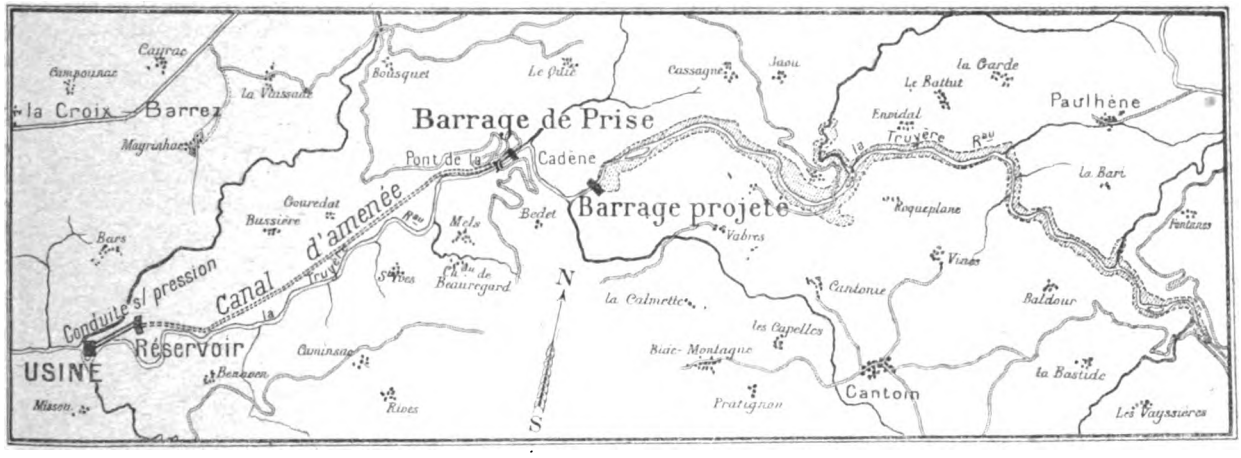


Fig. 1. — Carte générale des travaux d'aménagement de la Truyère.

quement parlant, plus jeunes que les Pyrénées, ne sont pas encore aussi délavées. Il y a pourtant quelques rivières de ce dernier massif qui charrient beaucoup de limons ; tel est le cas de la Neste. Un réservoir créé sur cette rivière au moyen d'un barrage de 8 m de hauteur élevé, près d'Arreaa, par la Société d'aluminium du Sud-Ouest, a été comblé en moins de deux ans par les atterrissements.

Les rivières du Massif Central, formé de terrains anciens, sont ordinairement peu limoneuses et l'envasement des barrages-réservoirs ne semble pas être à redouter.

Etude de la régularisation du régime d'un cours d'eau. Application à un exemple. La détermination de l'importance des réserves à créer pour régulariser le régime d'un cours d'eau de manière qu'à aucune époque le débit ne descende au-dessous d'un chiffre fixé à l'avance nécessite, dans chaque cas, une étude approfondie dont nous allons donner un aperçu, en l'appliquant à un exemple.

Nous utiliserons dans ce but les résultats d'un travail très complet qui s'applique à une rivière du Massif Central : la Truyère, affluent du Lot, laquelle, descendant des montagnes de la Margeride, dans les Cévennes, a sa source à l'altitude de 1 500 m environ. Cette rivière, sur presque tout son parcours, coule au fond de gorges très encaissées où l'on trouve assez aisément des emplacements favorables pour l'édification de barrages-réservoirs de grande hauteur.

Le régime de la Truyère, comme celui de toutes les rivières du Massif Central, est caractérisé par une forte période de basses eaux qui se produit, en été, de juillet à octobre (fig. 1, courbe 1). Le débit s'abaisse brusquement dès que les dernières neiges ont fondu et il ne se relève que lorsque la rivière reçoit le produit des orages particulièrement fréquents pendant les mois de juillet et d'août.

Des mesures de débits ont été exécutées sur les lieux aux abords du pont de la Cadène (altitude 537 m (fig. 1 en un point où l'on se propose d'établir une dérivation pour actionner une usine hydro-électrique. Ces mesures ont permis d'établir que le débit minimum de la rivière est d'environ 2 m³ : sec, alors que, au cours d'une crue

Digitized by Google

exceptionnelle, il peut atteindre 1 200 m^3 : sec. Le coefficient de torrentialité étant ici de 600, l'on voit combien il est utile de recourir à des procédés de régularisation. Le but qu'on s'est proposé a été d'établir des réserves dont la vidange en temps opportun permettrait de maintenir en tout temps dans la Truyère un débit à peu près constant.

Le dépouillement des relevés pluviométriques dans les diverses stations météorologiques de la région, ainsi que dans douze stations du bassin de la Truyère, pendant une période ininterrompue de dix années (1897 à 1906) ont permis d'établir que la hauteur moyenne de l'eau tombée sur l'ensemble du bassin varie de 730 mm, année sèche, à 1 300 mm, année humide, avec une moyenne générale de 950 mm.

La surface du bassin versant à l'amont du pont de la Cadène est de 2 400 km^2. Le volume moyen d'eau pluviale qui tombe annuellement est de :

$$2400 \times 10^6 \times 0{,}950 \text{ m} = 2\,280 \times 10^6 \text{ m}^3.$$

Etant donnée la nature granitique du sous-sol, on a cru, dans une première étude de la question, pouvoir admettre un coefficient de ruissellement de 50 pour 100, chiffre certainement inférieur à la réalité ; dès lors le débit total d'écoulement de surface annuel moyen est de :

$$0{,}50 \times 2280 \times 10^6 = 1\,140 \times 10^6 \text{ m}^3,$$

ce qui donne, par seconde, un débit moyen de :

$$\frac{1\,140 \times 10^6}{31{,}6 \times 10^6} = 36 \text{ m}^3 : \text{sec.}$$

Ce débit varie de 28 m^3 : sec en année sèche, à 49 m^3 : sec en année pluvieuse.

En utilisant les graphiques des variations journalières du débit de la Truyère, on a calculé, année par année, les cubes à emmagasiner dans des réservoirs, dans le but de les déverser dans la rivière pour ramener le débit par seconde soit à 10 m^3, soit à 15 m^3 soit à 20 m^3. Les résultats obtenus sont les suivants :

ANNÉES	10 M^3 : SEC.	15 M^3 : SEC.	20 M^3 : SEC.
1899	21.6	82.7	170.1
1900	»	3.5	46.4
1901	2.4	13.9	52.8
1902	6.2	35.4	78.4
1903	6.6	30.0	91.6
1904	40.8	110.8	207.2
1905	9.0	52.0	128.9
1906	86.1	151.6	223.2
1907	33.2	70.0	124.4
1908	22.6	67.2	131.8
1909	1.7	15.8	34.5

Ce tableau montre que, durant l'année 1906, qui a été exceptionnellement sèche et déficitaire en été, on aurait pu régulariser le débit de la Truyère :

à 10 m^3 : sec avec une accumulation de 86×10^6 m^3.
15 m^3 : sec — — 152×10^6 m^3.
20 m^3 : sec — — 223×10^6 m^3.

En laissant de côté cette année, tout à fait exceptionnelle, pour l'année 1904, qui vient immédiatement après et peut être prise comme type d'année sèche, les accumulations nécessaires auraient été réduites respectivement à 41×10^6 m^3, 111×10^6 m^3 et 207×10^6 m^3 pour les trois débits types de 10, 15 et 20 m^3 : sec.

Le procédé d'accumulation le plus pratique est ici celui qui aurait consisté à établir, dans la haute vallée de la Truyère, un grand réservoir d'emmagasinement de 200 millions de mètres cubes environ de capacité ! Malheureusement, on n'aurait pu arriver à ce résultat qu'en noyant des maisons d'habitation. On s'est décidé alors à prévoir deux retenues d'inégale importance constituées par deux barrages de 52 m de hauteur chacun, en des points où le lit de la Truyère, particulièrement resserré, et composé de roches imperméables, se prête très convenablement à leur édification.

Le premier de ces deux barrages, celui de Sarrans, serait placé à 1,5 km en amont du pont de la Cadène, et l'autre, celui du Pradal, à 16.5 km en amont du premier, et immédiatement au-dessous du confluent de la Truyère avec son affluent, le Bès.

Les éléments principaux de ces ouvrages seraient les suivants :

	BARRAGE	
	de Sarrans	du Pradal
Hauteur du mur au-dessus de l'étiage	52 m	52 m
Développement du barrage suivant le couronnement	137 m	274 m
Cube des maçonneries	106 000 m^3	200 000 m^3
Surface de l'accumulation	400 hect.	950 hect.
Cube emmagasiné	52 000 000 m^3	150 000 000 m^3
Coût approximatif	6 000 000 fr	9 000 000 fr
Coût du mètre cube emmagasiné	11.5 cent	6.5 cent

Au point de vue technique, l'exécution de ces barrages n'offrirait pas de difficultés spéciales ; le sous-sol est bon ; on peut se procurer sans trop de peine les pierres nécessaires et les conditions d'établissement des déversoirs ne sont pas trop difficiles. Etant donnée la nature granitique du sol, les eaux sont relativement peu chargées de matières solides. On n'aura donc pas à se préoccuper de la question du dévasement des retenues et l'on se bornera à prévoir des vannes de chasses qu'on lèvera en hautes eaux de manière à provoquer l'évacuation du débit solide vers l'aval.

Malgré ces conditions favorables, on doit reconnaître que se borner à employer ces réserves dans les conditions qui viennent d'être dites, ne comporterait qu'une utilisation fort incomplète de deux ouvrages aussi coûteux.

Digitized by Google

Il a semblé possible d'arriver à une régularisation plus rationnelle du débit de la rivière qui consisterait, au lieu de maintenir en tout temps un débit fixé a priori à 20 m³ : sec, à évaluer le débit moyen de la Truyère pendant toute l'année et à écouler l'eau accumulée dans les réservoirs de manière à ramener d'une manière constante le débit de la rivière à la valeur de cette moyenne.

Dans ce qui précède, on a admis, comme on l'a vu, que le coefficient de ruissellement était uniformément de 0,50 durant toute une année. Or, en réalité, ce cofficient est des plus variables. Dans une étude faite récemment sur le bassin d'un autre petit cours d'eau du Massif Central, uniquement alimenté par les pluies, sans fusion appréciable de neige, et pour lequel les conditions locales ont permis de mesurer très exactement, d'une part, les quantités de pluie, et de l'autre, les débits écoulés, on a trouvé, pour le coefficient de ruissellement, les chiffres du tableau I :

Tableau I.

	QUANTITÉ D'EAU TOMBÉE en m³	QUANTITÉ D'EAU ÉCOULÉE en m³	RAPPORTS (coefficients de ruissellement)
Décembre (1).....	1 980 000	808 756	0,40
Janvier	1 940 000	1 127 438	0,58
Février	1 920 000	1 173 000	0,61
Mars	1 660 000	988 182	0,59
Avril	1 800 000	723 168	0,40
Mai.....	1 700 000	563 230	0,35
Juin.....	1 280 000	458 784	0,36
Juillet	1 540 000	278 512	0,18
Août.....	1 280 000	157 000	0,12
Septembre	1 520 000	184 032	0,12
Octobre.....	1 440 000	305 292	0,21
Novembre.....	2 040 000	453 600	0,22
Hiver.....	5 840 000	3 109 194	0,53
Printemps.....	5 160 000	2 474 580	0,48
Eté.....	4 100 000	894 296	0,22
Automne.....	5 000 000	942 294	0,19
Année entière....	20 100 000	7 420 000	0,37

(1) En matière de météorologie, on fait commencer l'année au mois de décembre, origine de la saison d'hiver.

Le rapport entre les quantités d'eau pluviale et les quantités d'eau écoulées par la rivière est donc en moyenne de 0,37 ; mais la proportion est très variable avec les saisons puisque de 0,53 et 0,48 en hiver et au printemps, elle tombe à 0,22 en été et 0,19 en automne. Les deux mois de février et de septembre, qui semblent les deux extrêmes de la série, donnent respectivement 0'61 et 0,12.

Il n'y a pas lieu de s'étonner de ces variations, car le rapport dépend de la nature du sol, de l'état de la végétation et de la puissance d'évaporation. Suivant la saison, la pluie tombée profite donc, dans des proportions bien différentes, au cours d'eau qui en reçoit 12 pour 100 seulement en septembre et 61 pour 100 en février.

Les mêmes observations sont applicables, au moins dans leur ensemble, au cas de la Truyère. Aussi a-t-il paru de tous points plus logique, au lieu de supposer arbitrairement que le débit écoulé est toujours la moitié du volume d'eau recueilli sur le bassin versant, de mesurer directement pendant la période décennale 1897-1906 les débits journaliers de la rivière, d'après des lectures faites aux échelles de hauteur d'eau et à l'aide de tables donnant le rapport entre ces hauteurs d'eau et les débits correspondants ; ces derniers ont été établis avec le plus grand soin, au moyen de jaugeages très précis. De plus, dans le but de vérifier l'exactitude des chiffres des débits mensuels ainsi obtenus, on a calculé les coefficients de ruissellement mensuels correspondants, en divisant les volumes d'eau écoulés chaque mois par la Truyère au droit du pont de la Cadène par les volumes d'eau tombés durant le même laps de temps sur le bassin de la Truyère à l'amont dudit pont. Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau II.

Ce tableau montre que le coefficient de ruissellement est aussi variable en ce qui concerne la Truyère qu'en ce qui a trait au cours d'eau mentionné antérieurement. La seule différence qui existe entre les deux cas provient de ce que la fonte des quantités abondantes de neige tombant chaque hiver sur les monts de la Margeride, d'où descend la Truyère, donnent naissance à une crue au printemps. Le débit passe par un minimum en été et au début de l'automne où l'évaporation à la surface du sol est très active ; dès la fin de l'automne, le débit augmente et continue à croître jusqu'en janvier où le coefficient de ruissellement atteint son maximum ; il diminue ensuite jusqu'en mars, époque où commence la fonte des neiges dont le produit, ajouté à l'apport des eaux de sources, explique la grosse valeur du coefficient de ruissellement en avril, à une époque où l'évaporation est déjà très active.

De ce qui précédé, il résulte que le coefficient de ruissellement moyen est de 0,57 au lieu du chiffre de 0,50 précédemment admis ; ce coefficient n'a rien que de très vraisemblable et il est encore inférieur à celui qu'on a trouvé pour des terrains de même nature géologique du bassin de la Loire.

Les valeurs des débits mensuels écoulés par la Truyère étant admises, il s'agit maintenant d'obtenir un débit mensuel permanent en utilisant l'eau des deux barrages d'accumulation dont nous avons parlé :

Celui de Sarrans d'une contenance totale de.....	52 000 000 m³
Et celui de Pradal.....	150 000 000 m³
Soit, au total environ.....	200 000 000 m³

Rappelons d'abord que le barrage de Sarrans ne se trouvant qu'à 1,500 km en amont du pont de la Cadène, où ont été faites les mesures de débit, on peut négliger la surface du bassin versant entre ces deux ouvrages et admettre que les chiffres des débits trouvés à la Cadène sont applicables à Sarrans. La surface du bassin versant entre ce dernier barrage et celui de Pradal est de 600 km², soit le quart du total (2 400 km²) ; cette propor-

Digitized by Google

tion est précisément égale au rapport entre la contenance du réservoir de Sarrans et la quantité totale accumulée.

Ceci posé, pour se rendre compte des résultats qu'on obtiendrait si l'on voulait maintenir pendant toute l'année dans la Truyère le débit de 41 m³ : sec indiqué à la colonne (2) du tableau ci-dessus, on a dressé une épure (fig. 5) en portant en abscisses les mois et en ordonnées les quantités d'eau mensuelles arrivant dans les réservoirs (courbe a) et les quantités d'eau restant accumulées dans les réservoirs à la fin de chaque mois (courbe b),

Une horizontale supérieure AB indique la capacité maximum des deux réservoirs, soit 200 000 000 m³, et une deuxième horizontale MN représente la sortie mensuelle constante : 108 000 000 m³ (41 m³ : sec).

On a admis que, lorsque la quantité d'eau débitée par la Truyère serait supérieure à ce dernier chiffre, tout le supplément resterait en réserve et qu'on utiliserait cette réserve pour parfaire le chiffre de 108 000 000 m³ lorsque le débit mensuel serait inférieur à cette constante.

Ces deux phases sont représentées sur le graphique, les réserves par des traits hachurés simples et les emprunts par des traits hachurés quadrillés.

Pour établir la courbe b des cubes conservés dans le barrage, on a supposé que les barrages seraient pleins à la fin du mois de mai, à l'issue de la période humide.

L'examen de cette courbe b montre qu'il y a toujours de l'eau dans les réservoirs minimum 7 800 000 m³, fin octobre, et qu'il n'en est rien évacué au dehors de ce qui est nécessaire pour maintenir dans la Truyère un débit permanent de 41 m³ : sec ; par conséquent, l'installation

TABLEAU II.

	HAUTEUR D'EAU DE PLUIE, EN MILLIMÈTRES, D'APRÈS LES PLUVIOMÈTRES	CUBE PAR SECONDE ÉCOULÉ D'APRÈS LA LECTURE A L'ÉCHELLE	CUBE MENSUEL ÉCOULÉ D'APRÈS LA LECTURE A L'ÉCHELLE en millions de m³	HAUTEUR D'EAU DE PLUIE CORRESPONDANT AU CUBE MENSUEL ÉCOULÉ	RAPPORT DE LA QUANTITÉ D'EAU ÉCOULÉE A LA QUANTITÉ D'EAU TOMBÉE
Janvier	53	47	125,9	52	0,96
Février	76	52	125,6	52	0,75
Mars	85	63	168,7	70	0,80
Avril	75	63	163,3	68	0,92
Mai	90	48	128,6	53	0,58
Juin	86	36	93,3	39	0,45
Juillet	61	24,5	65,6	26	0,43
Août	100	17	44,5	18	0,18
Septembre	82	22	57	24	0,29
Octobre	78	33	88,4	36	0,47
Novembre	79	42	108,9	45	0,57
Décembre	75	49	131,2	53	0,71
Résumé	940 millions par an.	41 m³ constant par seconde	1 300 000 000 m³ au total par an ou 108 300 000 m³ en moyenne par mois	536 mm	0,57

et le fonctionnement des deux barrages de Sarrans et du Pradal permettront d'obtenir à tout instant ce débit au lieu du débit de 20 m³ : sec envisagé dans le projet primitif.

On a dû, toutefois, faire, dans ce qui précède, un certain nombre d'hypothèses, sujettes elles-mêmes à diverses objections ; nous allons examiner ces dernières.

Tout d'abord, les résultats obtenus sont basés sur une moyenne d'observations de dix années ; durant ce laps de temps, il y a eu des années humides pendant lesquelles le débit mensuel moyen a été supérieur à 41 m³ : sec, ce qui eût entraîné des pertes d'eau, et des années sèches pendant lesquelles le résultat cherché n'aurait pu être obtenu.

Il semble hors de doute que, lors des années humides, il y aura une perte, plus ou moins importante, qui ne pourrait être évitée que par un supplément d'accumulation à l'amont et par un aménagement capable de fournir un débit supérieur à 41 m³ : sec. Il est certain, notamment, que si, au lieu de prendre pour base la période 1897-1906, on avait pris la moyenne des années qui ont suivi et qui ont été caractérisées par leur grande humidité, on aurait trouvé un chiffre de débit sensiblement supérieur à 41 m³. Mais, si, après une nouvelle étude des écoulements de la Truyère, on reconnaissait possible d'arriver à un chiffre supérieur à 41 m³ sec, on serait amené, pour l'utiliser, à faire des installations beaucoup plus coûteuses, qui ne pourraient être utilisées que partiellement dans les années sèches comme celles de la période 1897-1906.

Au contraire, en se maintenant au chiffre de 41 m³ : sec, on n'aura pas à craindre une semblable éventualité, attendu qu'il est excessivement rare de voir deux années consécutives absolument sèches, une année sèche faisant généralement suite à une ou plusieurs années humides. Or, dans une année humide, le résidu d'octobre sera souvent supérieur à celui qu'indique la figure 5

Digitized by Google

(7 800 000 m³), en sorte que, avec un résidu supérieur, on aura des chances d'arriver à remplir le réservoir fin mai.

Même s'il n'en était pas ainsi, on aurait à faire état d'un nouveau facteur qui a été jusqu'ici négligé malgré toute l'importance qu'il présente pour la régulation. C'est l'effet des pluies d'orage, excessivement fréquentes dans la région en juillet, août et même septembre. Au pont de la Cadène, il n'est pas rare de voir, à la suite d'un orage, les eaux de la rivière s'élever brusquement en 2 ou 3 heures, de 3, 4, 5 et même 6 m. Les eaux se tiennent hautes pendant 10 à 12 heures, puis redescendent au niveau antérieur. C'est durant ces crues que les débits sont très élevés et peuvent atteindre 1 200 m³ : sec.

Or, on n'a jamais fait entrer les cubes d'eau écoulés lors de ces orages en ligne de compte pour la détermination des courbes de débit. Ces cubes constituent, pour la période d'étiage, des appoints très importants, qui permettent d'envisager sans crainte la perspective d'années particulièrement sèches.

On peut objecter, d'autre part, qu'en vidant les deux réservoirs en été et en ne laissant pas écouler d'eau en hiver, on se prive de la faculté d'utiliser les chutes créées par les deux barrages pour la production de l'énergie électrique. Ceci est exact. Dans la première étude qui consistait, on se le rappelle, à maintenir dans la Truyère un débit minimum de 20 m³ : sec, on avait envisagé la possibilité de créer, au pied de chacun des deux barrages projetés, une usine hydraulique d'une puissance de

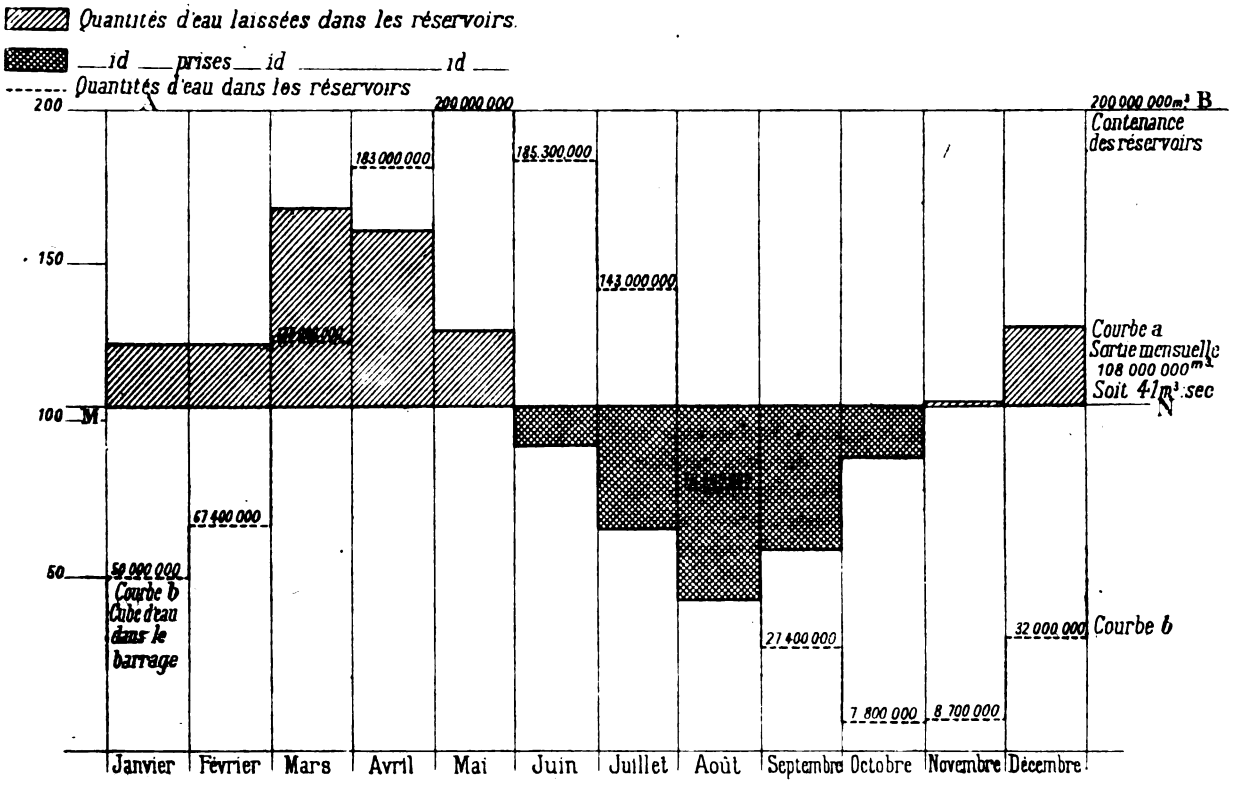


Fig. 5. Epure rendant compte des résultats que donnerait la Truyère pour un régime constant de 41 m³ : sec.

7 000 ch. L'usine hydro-électrique projetée à l'aval du pont de la Cadène devant avoir, dans ces conditions, une puissance de 18 000 ch, la puissance totale créée eût été de 62 000 ch.

Mais, en réalité, l'eau emmagasinée devant servir, dans les nouvelles prévisions, au fonctionnement d'une usine prévue pour 250 m de hauteur de chute, la puissance de cette dernière sera de 100 000 ch en sorte qu'il y a encore une augmentation importante du travail total produit.

Effets multiples de la régularisation du régime des cours d'eau. — La régularisation du régime des cours d'eau au moyen de retenues édifiées dans la partie supérieure de leur bassin a pour objet principal de relever le débit en pénuries de manière à éviter alors une diminution du volume d'eau dérivable, et, par suite, de la puissance des usines qui sont actionnées par le cours d'eau.

L'opération dont les effets se font sentir jusqu'à une grande distance à l'aval des retenues, a encore de nombreux autres avantages. Tout d'abord, en emmagasinant une partie plus ou moins importante des crues, on diminue les dommages causés par les inondations. En outre, en temps de hautes eaux, la hauteur de chute créée par des barrages-déversoirs diminue par suite de la surélévation du plan d'eau en aval, en sorte que, au point de vue de l'utilisation industrielle, les crues ne

Digitized by Google

sont guère moins dommageables que les pénuries. La limitation à une cote donnée du plan d'eau n'est pas moins favorable à l'agriculture. Elle permet de cultiver en toute sécurité des terres basses, auparavant périodiquement submergées et qu'on peut désormais mettre à l'abri au moyen de digues qui ne courent plus le risque d'être surmontées et détruites.

Pour bien montrer l'intérêt général qui s'attache à une opération comme celle qui consiste à maintenir en tout temps dans une rivière un débit égal au débit moyen antérieur à la régularisation, on a cherché à se rendre un compte aussi exact que possible des effets de la régularisation de la Truyère. Cette dernière se jette, à Entraygues, dans la rivière le Lot qui devient navigable en ce point, et le Lot lui-même se termine à la Dordogne après un parcours de 297 km, sur lesquels une partie de 256 km de longueur a été canalisée au moyen de barrages avec écluses qui maintiennent un mouillage normal de 1 m et une profondeur moyenne de 1,50 m.

Le mouvement de la navigation du Lot, en 1913, a été le suivant :

TABLEAU III.

		DESCENTE		REMONTE		DESCENTE ET REMONTE RÉUNIES	
		Nombre de bateaux chargés (trains ou radeaux).	Tonnage effectif.	Nombre de bateaux chargés (trains ou radeaux).	Tonnage effectif.	Nombre de bateaux chargés (trains ou radeaux).	Tonnage effectif.
Trafic né sur la voie	Trafic intérieur	4 803	90 650	429	3 684	5 232	94 334
	Expéditions	79	3 184			79	
Trafic né hors la voie	Arrivages			97	5 776	97	5 873
	Transit						
Totaux en 1913		4 882	93 834	526	9 460	5 408	103 291

Le trafic se compose principalement à la descente de combustibles minéraux, de matériaux de construction, de matières premières de l'industrie métallurgique et de produits agricoles; à la remonte, de combustibles minéraux, de matériaux de construction, de bois de service et de produits agricoles.

Le prix du fret est fort élevé, par suite du défaut de concurrence entre les mariniers. A la descente, il varie de 0,043 fr à 0,068 fr par tonne-km. Ce prix comprend l'entretien du véhicule, le paiement du personnel de l'équipage et les frais de remonte à vide.

Le fret n'a pas de taux bien déterminé à la remonte par suite des difficultés et de l'incertitude qu'éprouve la batellerie pour se procurer le chargement. Il dépasse d'au moins un tiers celui de la descente, à moins de concessions faites par la batellerie pour ne pas remonter à vide.

Le nombre des barrages éclusés est de 76 ; la hauteur de chute varie de 1,40 à 2,75 m. Pour 45 de ces barrages, la force motrice a été concédée et actionne : 34 moulins à céréales ou scieries, 5 usines électrochimiques ou électrométallurgiques, 2 usines de distribution d'énergie électrique, 2 usines d'élévation d'eau ; enfin 2 sont en chômage. La force motrice concédée représente 13 520 ch, la puissance réellement utilisée n'est que de 4 237 ch, la puissance inutilisée est donc de 9 283 ch.

Quant à la force motrice susceptible d'être produite pour les 31 barrages non aménagés en vue de sa production, elle est de 8 331 ch.

Le débit actuel du Lot à l'étiage est de 10 m³ : sec à l'amont de Cahors, et de 13 m³ : sec à l'aval.

On a supposé qu'après la mise en service des réservoirs d'emmagasinement, le Lot recevrait d'une manière constante et sur toute son étendue un apport de 40 m³ : sec fourni par la Truyère. Les divers services locaux intéressés consultés ont été unanimement d'avis que cet apport aurait les plus heureuses conséquences pour la navigation du Lot dont le tirant d'eau serait suffisamment augmenté pour créer un gros tonnage de transport de charbons vers le Midi : Toulouse, Bordeaux, etc., étant donnés surtout les prix élevés des transports par chemin de fer (7,50 fr la tonne de Decazeville à Toulouse). L'installation de tracteurs électriques faciliterait encore ce développement de la navigation du Lot.

En ce qui concerne l'industrie, les usines actuelles auront la possibilité d'augmenter leur puissance de plus du double et d'utiliser les 9 283 ch actuellement sans emploi. Au droit des chutes non encore employées et qui pourraient dès maintenant donner 8 331 ch, cette puissance pourra être plus que doublée et les moteurs pourront être calculés de manière à utiliser toute la puissance de la chute concédée.

Au point de vue de l'agriculture, l'assurance d'un débit de 40 m³ : sec dans la Truyère aux périodes de sécheresse rendra possible la création de prairies artificielles d'une surface d'une vingtaine d'hectares, ainsi que la constitution de prairies naturelles sur une surface de 7 hectares de grèves, plantés d'arbres et

Digitized by Google

dont la terre végétale a été enlevée par les crues.

La force motrice à créer trouvera aisément son emploi tant pour les usages industriels sur place que pour le transport à distance de l'énergie dans les centres à une certaine distance de la rivière du Lot.

Insuffisance de la législation actuelle en matière de régularisation du régime des cours d'eau. — La transformation des lacs en réservoirs et la création de grands réservoirs d'emmagasinement entraînent toujours la submersion de surfaces de terrain plus ou moins importantes ; parfois des maisons doivent disparaître, des routes doivent être déviées.

Quand il s'agit d'entreprises d'intérêt général exécutées par l'État, comme celle de la distribution des eaux de la Neste dont nous avons parlé, les travaux sont au préalable déclarés d'utilité publique, ce qui implique la possibilité d'acquérir par voie d'expropriation les terrains ou immeubles que les possesseurs refuseraient de vendre à des conditions acceptables. Il en est de même en ce qui concerne les travaux qui ont pour objet un service public, comme par exemple la création d'usines hydro-électriques en vue de la traction de lignes de chemins de fer en pays de montagnes.

Par contre, les entreprises privées, quelle que soit leur importance, ne peuvent être déclarées d'utilité publique si elles n'ont pas pour objet principal d'assurer un service public. C'est ainsi que les travaux de régularisation du régime d'un cours d'eau qui actionne une ou plusieurs très importantes usines hydro-électriques consommant l'énergie sur place (établissements électrochimiques ou électrométallurgiques) et dont les eaux sont de plus utilisées par des agriculteurs pour l'arrosage, les besoins domestiques ou d'agrément, etc., ne peuvent bénéficier de la déclaration d'utilité publique. Or, dans ces conditions, l'acquisition intégrale des terrains noyés par la retenue projetée est parfois irréalisable ; indépendamment de certains propriétaires qui se refusent à vendre à quelque prix que ce soit les parcelles leur appartenant, il arrive que d'autres parcelles appartiennent à des mineurs, des incapables, des interdits, ou encore sont propriété indivise. L'impossibilité dans laquelle peuvent se trouver les intéressés à l'exécution d'un projet de régularisation d'acquérir une portion, si faible soit-elle, de la surface qui doit être noyée suffit pour empêcher la réalisation de l'entreprise.

Les inconvénients de cette situation n'ont pas échappé à l'attention du ministère de l'Agriculture. Aussi, dans un projet de loi relatif aux usines hydrauliques sur les cours d'eau non navigables ni flottables, soumis depuis plusieurs années déjà aux délibérations du Parlement, des dispositions spéciales sont-elles édictées dans le but de favoriser les travaux collectifs d'amélioration du régime des cours d'eau. Le système adopté consiste à faire participer tant aux dépenses de premier établissement qu'aux dépenses d'entretien tous ceux, industriels ou agriculteurs, qui en retirent un bénéfice quelconque ; ce résultat est obtenu grâce à une combinaison de l'idée de l'association syndicale libre et de l'association syndicale autorisée telle qu'elle résulte des lois des 21 juin 1865-22 décembre 1888, et du principe de l'indemnité de plus-value.

Ces dispositions font l'objet des trois articles dont nous reproduisons le texte ci-après :

ART. ... — L'exécution et l'entretien des travaux ayant pour objet l'amélioration du régime des cours d'eau au point de vue industriel et agricole peuvent donner lieu à la constitution d'associations syndicales libres. Ces associations peuvent se transformer en associations autorisées par application de l'article 8 de la loi des 21 juin 1865-22 décembre 1888 déterminées par les statuts.

ART. ... — Les propriétaires de terrains et d'usines qui ne feraient pas partie de l'association, mais qui auraient profité directement des améliorations apportées au régime des cours d'eau, pourront être tenus de payer à l'association, lorsqu'elle aura été convertie en association autorisée, des indemnités qui seront réglées par le Conseil de préfecture, sauf recours au Conseil d'État.

L'association ne pourra réclamer une indemnité de plus-value qu'en vertu d'une autorisation préalable accordée par décret rendu au Conseil d'État.

Le décret peut décider que les indemnités seront payables par annuités, en tenant compte chaque année de l'utilisation effective des suppléments d'eau ou de force motrice résultant des travaux.

ART. ... — Les propriétaires de terrains et d'usines qui auraient profité directement des améliorations de régime des cours d'eau résultant de l'exécution des travaux par l'État, les communes ou leurs concessionnaires et par les associations syndicales autorisées conformément à la loi des 21 juin 1865-22 décembre 1888, pourront être tenus de payer des indemnités de plus-values dans les conditions prévues à l'article précédent. Les indemnités ne pourront être réclamées qu'en vertu d'une autorisation spéciale accordée sur la proposition du ministre de l'Agriculture, par l'acte qui aura déclaré les travaux d'utilité publique.

Aux termes du premier de ces articles, les industriels ou agriculteurs intéressés à l'amélioration du régime d'un cours d'eau et qui, les premiers, comprendront la nécessité de travaux collectifs pour cet objet, se grouperont en une association syndicale libre, comme s'il s'agissait de l'exécution ou de l'entretien d'un des travaux prévus à l'article premier de la loi du 21 juin 1865-22 décembre 1888. Une semblable association syndicale libre, qui se fonde très aisément sans aucune intervention de l'Administration, est valablement constituée quel que soit le nombre des associés. Si cette association dispose des ressources nécessaires pour l'exécution des travaux, si elle ne rencontre aucune difficulté insurmontable et si elle ne songe pas à réclamer les bénéfices de l'indemnité de plus-value, elle s'en tiendra à cette première forme. Elle pourra, au cas contraire, solliciter l'autorisation de se transformer en association syndicale autorisée, conformément à l'article 8 de la loi de 1865-1888, en vue de participer aux avantages comme aux obligations de ce nouveau régime. L'un des avantages les plus importants qui résulteraient de la transformation en loi de ces dispositions consiste en ce que, si l'exécution des travaux entrepris par une semblable association syndicale autorisée exige l'expropriation de terrains, il y est

Digitized by Google

procédé d'une manière simple et rapide, conformément aux dispositions de la loi du 21 mai 1836, après déclaration d'utilité publique, par décret rendu en Conseil d'État.

Le second article du projet de loi subordonne le droit de réclamer des indemnités de plus-value aux usagers des eaux ne faisant pas partie de l'association syndicale autorisée, à une autorisation préalable accordée par le Conseil d'État, laquelle ne sera donnée que si l'amélioration réalisée justifie d'une façon indiscutable cette contribution des étrangers à l'association, qui lui sera réclamée sous forme d'indemnité de plus-value.

Le dernier article a pour but de permettre à l'État, au département, aux communes, aux associations syndicales autorisées qui exécuteraient des réservoirs dans l'intérêt primordial des services dont ils sont chargés, de réclamer des indemnités de plus-value aux usagers des rivières dont le régime sera amélioré et qui bénéficieraient, en fait, de cette régularisation.

Les travaux d'amélioration du régime présentent, dans un certain nombre de cas, une importance trop considérable pour qu'il soit possible de laisser leur réalisation à la seule initiative des intéressés. Lorsque, indépendamment de l'industrie, l'agriculture, la navigation sont en cause, l'intervention de l'État sera justifiée par l'intérêt général, et si elle ne se produisait pas, les réservoirs risqueraient d'ailleurs, souvent, de ne pas être établis par l'initiative privée, Mais l'État ne peut évidemment assumer à lui seul les lourdes charges qu'entraîne l'exécution des barrages riverains de régularisation et il est nécessaire qu'il puisse compter sur le concours des intéressés pour lui venir en aide. Le dernier article ci-dessus donne un moyen qui paraît équitable et pratique d'obtenir ce résultat.

L'adoption de ces propositions législatives et leur transformation en une loi améliorerait certainement la situation actuelle ; en particulier, les usiniers désireux d'améliorer le régime du cours d'eau alimentant leurs prises, y trouveraient les moyens de réduire les oppositions qui, dans la situation actuelle, peuvent faire échouer ces entreprises.

Pourtant, si des dispositions sont prévues pour faire participer les intéressés aux dépenses d'entreprises exécutées par l'État, rien n'est prévu pour le cas où les travaux entrepris par les associations syndicales profiteraient à des services publics, tels que ceux de la navigation ou de la protection contre les inondations.

On peut penser, il est vrai, qu'au cas où des intérêts généraux importants seraient en cause, l'État ne se refuserait pas de participer aux dépenses, par l'allocation d'une subvention, par exemple. C'est ainsi qu'en ce qui concerne le projet de barrage de Serre-Ponçon, qui régulariserait le régime des eaux de la Durance, l'État ayant reçu une demande en concession, l'Administration a cru de son devoir d'accorder aux demandeurs une subvention du tiers de la dépense relativement très élevée que nécessiteront les travaux de sondage dans la rivière au droit de l'ouvrage projeté.

Les demandeurs en concession ont également fait appel à l'État pour obtenir sa participation aux dépenses de construction du barrage.

Toutefois, rien n'oblige l'État à accueillir favorablement une semblable demande, et il seste seul juge de l'opportunité d'y donner suite ou de la rejeter.

Dans certains pays étrangers, le gouvernement a cru nécessaire d'aller beaucoup plus loin dans la voie de l'appui financier à donner aux promoteurs de travaux de régularisation du régime des cours d'eau. Le gouvernement italien, en particulier, pénétré du rôle économique des réservoirs régulateurs, notamment en faveur de l'agriculture, accorde une subvention annuelle sous forme de garantie d'intérêt aux entreprises ayant pour but la création des réservoirs régulateurs. Les résultats obtenus et ceux qu'on peut en attendre dans l'avenir ont été indiqués dans un article intitulé : « L'utilisation présente et future des richesses hydrauliques de l'Italie à la production de l'énergie électrique et sa répercussion sur l'industrie italienne en général [1] ». Ils paraissent justifier amplement l'initiative prise par le gouvernement italien.

•

Conclusion. — C'est devenu aujourd'hui un lieu commun que de signaler la nécessité de poursuivre l'aménagement et l'utilisation de nos chutes d'eau afin de diminuer autant que possible nos importations de charbon qui ont comme contre-partie une exportation annuelle d'or de près d'un demi-milliard de francs. C'est également grâce aux développements des emplois de l'énergie hydro-électrique qu'on pourra, dans une certaine mesure, parer à la pénurie de main-d'œuvre industrielle et agricole qui sévit et continuera à sévir pendant de longues années. Il est vrai que, depuis quelques années, la puissance des chutes d'eau aménagées a augmenté dans une forte proportion. Les nécessités de la Défense nationale, en particulier, ont eu pour conséquence l'aménagement très rapide de nombre de chutes d'eau. Néanmoins, il reste encore beaucoup à faire dans cette voie. C'est ainsi que, en particulier, en ce qui concerne les Alpes, le massif montagneux qui à lui seul représente beaucoup plus de la moitié de l'énergie totale aménagée ou en installation, M. de la Brosse, chef du Service des grandes forces hydrauliques de la région, estime qu'on utilise tout au plus le dixième de l'énergie disponible.

Toute entreprise ayant pour but de régulariser le régime des cours d'eau torrentiels facilitera grandement l'utilisation de ces derniers. La question de la régularisation est donc une de celles qui doivent actuellement recevoir une solution dans l'intérêt général du pays. Il y a donc lieu d'espérer que l'État prendra à bref délai les mesures nécessaires pour remédier aux inconvénients de notre législation actuelle en la matière.

Paul Lévy Salvador,
Chef du Service technique de l'hydraulique agricole au ministère de l'Agriculture.

(1) *La Revue électrique*, 18 août 1916, t. XXVI, p. 101-106.

Digitized by Google

Les accidents de surtension

L'auteur décrit aujourd'hui deux gros accidents survenus à son réseau et caractérisés par une terre franche sur la ligne haute tension, un court-circuit entre phases et la terre, etc. Ces accidents ont uniquement affecté l'appareillage de l'usine. Pour en établir les causes, M. Sarolea reprend la théorie de la propagation des ondes de surtension et arrive à cette conclusion qu'une onde de décharge devient très dangereuse quand elle est en résonance avec un certain tronçon l_1 de la ligne, c'est-à-dire quand la condition $2\pi\sqrt{LC} = 4 l_1 v$ est satisfaite. Dans le cas actuel, l_1 est figuré par quelques kilomètres de câbles voisins de l'usine, et, comme self-induction L et capacité C, il faut faire intervenir celle des appareils mêmes de la station.

Deux gros accidents d'exploitation. — Nous allons donner une description succincte de deux de ces accidents les plus récents. Nous nous efforcerons ensuite d'expliquer le développement et la succession logique des diverses phases de leur évolution.

Premier accident. — Il y a quelques mois, une terre franche a été créée sur un câble de 3×25 mm² haute tension, alimentant une usine de grosse métallurgie, à 900 m de la tête d'un feeder, d'une section de 3×150 mm² et d'une longueur de 4 100 m. Le feeder aboutit à l'usine hydro-électrique avec interposition d'un survolteur double du type à induction.

En même temps que se produisait cette terre franche, les spires d'entrée côté usine d'un survolteur statique, de construction d'ailleurs tout à fait moderne, étaient court-circuitées entre elles, mises à la terre, et finalement coupées net, de la première à la deuxième spire, ou de la deuxième à la troisième spire sur chacune des trois colonnes, et un alternateur était mis hors service par court-circuit entre spires, au quart environ de la longueur des enroulements à partir de l'entrée.

Une inspection des limiteurs du réseau a fait connaître cette fois que 42 d'entre eux avaient fonctionné. Ceux qui sont installés à l'usine, même sur les barres omnibus, sont restés inactifs.

Deuxième accident. — Il y a quelques semaines à peine, une terre s'étant déclarée sur un diverticule de notre réseau, en 3×15 mm², au droit du collier d'une boîte haute tension, à un kilomètre environ du poste de distribution d'un feeder de 3×300 mm², d'une longueur de 7 828 m, deux alternateurs voisins, à l'usine hydraulique, ont été gravement avariés et un troisième a eu une bobine, la douzième à partir de l'entrée, court-circuitée entre spires, l'isolement à la terre de cette bobine restant parfait.

L'alternateur le plus gravement avarié a eu un court-circuit général près des bornes d'entrée; plusieurs bobines voisines ont été fortement abîmées. La projection du métal en fusion et le soufflage des arcs sous l'effet de ventilation dû à la rotation de l'alternateur, a vraisemblablement chassé la flamme et les vapeurs conductrices de cuivre incandescent sur l'alternateur voisin qui a été mis à mal à son tour.

La bobine dont les spires ont été court-circuitées, appartient à un troisième alternateur très éloigné des deux premiers.

Le transformateur série de mesure du premier alternateur qui a subi le court-circuit général a fait en quelque sorte explosion, provoquant dans une véritable fusillade, des ressauts nombreux d'arcs des ferrures et de certaines attaches de la charpente du tableau à la terre.

Faisons remarquer incidemment que nos alternateurs de l'usine hydro-électrique, qui sont à pôles massifs, ne se décrochent jamais.

Les quinze alternateurs voisins et deux turbo-alternateurs, qui se trouvaient en service au moment de l'accident, ont débité un courant de forte intensité sur l'alternateur avarié; cette surintensité a rapidement détruit le transformateur de mesure de l'alternateur court-circuité.

Cet effet que nous avons eu l'occasion d'observer en d'autres circonstances, non seulement dans notre exploitation, mais ailleurs, est dû, non comme on pourrait le croire, à l'action électromécanique du courant de court-circuit sur les spires qu'il parcourt, mais à l'échauffement du cuivre par effet Joule, qui va jusqu'à la fusion et produit la désagrégation de la porcelaine ou de l'isolant du support du transformateur de mesure.

De très nombreux limiteurs ont fonctionné à nouveau sur toute l'étendue du réseau. Les limiteurs de l'usine sont restés inertes.

L'on ne peut manquer d'être frappé de la similitude de ces deux accidents, qui comptent parmi les plus graves de ceux enregistrés par nous au cours de dix-huit années d'exploitation intensive.

Les principaux caractères communs de ces deux accidents sont les suivants :

Une terre fortuite et franche sur le réseau haute tension en un point éloigné de l'usine;

Un court-circuit général entre phases et à la terre aux bornes d'entrée d'un alternateur ou d'un survolteur, côté usine;

Un court-circuit entre spires dans une bobine éloignée des bornes d'entrée, d'un second alternateur; cette spire restant parfaitement isolée de la terre;

Et accessoirement, indifférence des limiteurs de tension de l'usine, alors qu'un grand nombre de limiteurs du réseau entraient en fonctionnement.

Nous allons tenter de donner une explication de cette succession de phénomènes, qui, à première vue paraissent quelque peu déconcertants.

Les phénomènes de surtension ont fait l'objet, au cours de ces dernières années, d'une série d'études du plus haut intérêt. MM. Picou, Blondel, Potier, Brylinski, de Marchena, en France; Steinmetz, Wagner et Petersen, à l'étranger, ont particulièrement développé l'étude critique et théorique de ces surtensions. Nous empruntons

Digitized by Google

aux articles et aux mémoires publiés par ces techniciens, les principaux éléments de cette note.

Certaines considérations sont basées sur des théories nouvelles et entrainent des déductions assez inattendues; hâtons-nous d'ajouter que des essais pratiques, aussi nombreux qu'ingénieux, ont pleinement confirmé ces déductions théoriques.

Mais si ces auteurs diagnostiquent avec une sûreté rare les causes et les circonstances des surtensions qui troublent si souvent et si gravement le fonctionnement régulier de nos distributions industrielles, ils ne s'accordent guère pour indiquer le remède simple et souverain propre à guérir le mal.

Les ondes de surtension. — Pendant longtemps l'on a attribué une trop grande importance aux surtensions dues aux ruptures brusques des courts-circuits.

Petersen estime, d'après des constatations expérimentales sur le détail desquelles il n'insiste pas, que ces surtensions ne dépassent guère 20 k v après réflexion totale de l'onde de surtension sur les enroulements à forte résistance caractéristique.

Au moment de la rupture brusque d'un courant de court-circuit de valeur I_{cc}, l'énergie intrinsèque du courant circulant dans les self du réseau, et emmagasinée à l'état d'énergie potentielle sous forme de charge statique des divers éléments du circuit, formant, les uns par rapport aux autres, électrodes de condensateur.

La formule élémentaire

$$\frac{CE^2}{2} = \frac{LI^2_{cc}}{2}$$

donne la valeur de comparaison, sinon l'ordre de grandeur de la tension E à laquelle se charge le réseau, après extinction brusque du courant de court-circuit. C est la capacité du circuit, et L la self-inductance de la partie du réseau parcouru par le courant de court-circuit I_{cc}.

Cette formule ne doit être appliquée qu'avec une extrême réserve; elle néglige, en effet, un trop grand nombre d'éléments primordiaux qui interviennent dans l'établissement du régime variable du court-circuit. Si cette formule était entièrement applicable dans sa forme simplifiée, comme toute extinction de court-circuit se fait au moment où $I = 0$, la surélévation de tension E serait nulle, en principe. Or il est indéniable que cette surélévation de tension existe, négligeable ou importante. Nous avons vu jadis un grand réseau aérien à haute tension triphasée, en fonctionnement normal, où l'ouverture brusque d'un sectionneur unipolaire sur une ligne au départ de l'usine, entraînait l'amorçage d'arcs sur un grand nombre de parafoudres à cornes répartis le long de la ligne.

Il serait fastidieux et sans utilité de calculer cette surtension, suivant une formule exacte et moyennant des hypothèses définies, mais qui n'en sont pas moins arbitraires.

Certaines exploitations, et la nôtre est une de celles-ci, marchent avec des constantes de réseau, voltages, sections de cuivre, self-inductances, capacitées unitaires et étendue de la distribution telles que ces ruptures brusques des courts-circuits provoquent des surélévations de tension notables, dans toute l'étendue du réseau, qu'il est d'élémentaire prudence d'écouler rapidement.

Un calcul succinct et simplifié, suivant la formule ci-dessous, montre que la tension maxima à laquelle pourrait monter le voltage général de notre réseau, après rupture du court-circuit lequel a provoqué la première série des accidents que nous étudions, n'aurait pas dépassé la valeur de 10 000 v en chiffres ronds. Cette surtension est d'un ordre de grandeur tel qu'elle serait évidemment susceptible d'entrainer des ruptures d'isolation nombreuses. Il n'est pas nécessaire cependant de faire intervenir ces surtensions pour expliquer les claquages qui se sont produits dans les divers éléments de notre distribution, à la suite des accidents relatés ci-dessus.

Ondes de décharge. — Au moment où se produit une terre accidentelle sur un des câbles de distribution, l'on peut supposer que l'on applique à chacune des trois phases du réseau et à l'endroit du défaut une force motrice additionnelle $-E$; E étant le voltage par rapport à la terre du conducteur au moment et à l'endroit où se produit le défaut.

L'équation générale de la propagation du régime variable sur les longs câbles dont nous supposons l'isolement infini et dont ρ, γ et λ sont la résistance, la capacité et la self-induction linéaires, peut s'écrire sous la forme

$$\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} = \gamma\lambda \frac{\partial^2 V}{\partial t^2} + \gamma\rho \frac{\partial V}{\partial t},$$

V étant le voltage au point x et à l'instant t,

Le développement de cette équation est donné de façon détaillée dans la plupart des traités d'Électricité générale, de façon très claire et notamment dans Vaschy « Électricité et magnétisme », tome II, dans les diverses études de Brylinski, et très complètement, avec des cas d'application nombreux dans Steinmetz, « Transient Electrical Phenomenæ ».

Au moment de la fermeture sur une ligne de longueur l, ayant les constantes indiquées, d'une source d'énergie indéfinie (qui n'est pas influencée par la manœuvre ci-dessus) au potentiel constant E_m, deux ondes à front raide prennent naissance, cheminant en sens inverse l'une de l'autre, avec une vitesse

$$v = \pm \frac{1}{\sqrt{\gamma\lambda}\sqrt{\varepsilon\mu}},$$

ε et μ étant la constante diélectrique et la perméabilité du milieu.

Il est souvent plus commode d'assigner à la vitesse de transmission une valeur constante égale à celle de la

Digitized by Google

lumière et de prendre pour longueur du câble, sa longueur géométrique multipliée par le radical

$$\sqrt{\varepsilon\mu}.$$

Moyennant certaines simplifications autorisées et en admettant, de plus, que la ligne est courte, c'est-à-dire, pratiquement de moins de 1 500 km pour des lignes aériennes doubles et de moins de 150 km pour les câbles industriels (Poincaré, Éclairage électrique, 1904), l'intégration de l'équation générale du régime variable donne pour le voltage en un point quelconque de la ligne

$$V = E_m\left(1 - \frac{x}{l}\right) - \frac{2E_m}{\pi}e^{-\alpha t}\sum_{n=0}^{n=\infty}\frac{1}{n+1}\sin m_n(x+vt) - \frac{2E}{\pi}e^{-\alpha t}\sum_{n=0}^{n=\infty}\frac{1}{n+1}\sin m_n(x-vt);$$

e est la base des logarithmes népériens, m le rang de l'harmonique, $\frac{2\pi}{m}$ sa longueur d'onde et $\alpha = \frac{\rho}{2\lambda}$ l'amortissement.

La partie variable avec le temps se met souvent sous la forme classique.

$$p = e^{-\alpha t}\{\varphi(x-vt) + \psi(x+vt)\} \text{ pour la tension,}$$

$$i = e^{-\alpha t}\sqrt{\frac{\gamma}{\lambda}}\{\varphi(x-vt) - \psi(x+vt)\} \text{ pour le courant;}$$

φ et ψ sont des fonctions déterminées par les conditions initiales du phénomène.

$\sqrt{\frac{\lambda}{\gamma}} = W$ est dite la résistance caractéristique ou la résistance d'onde de la ligne.

W a une valeur de *600* ohms environ pour les lignes aériennes, de *40* à *50* ohms pour nos câbles souterrains et de *100* à *1 000* ohms pour les transformateurs et les machines.

Moyennant la double hypothèse d'un amortissement nul et d'une puissance illimitée de la source d'énergie, une onde rectangulaire de valeur E_m se propage sur le câble, supposé ouvert à l'extrémité éloignée, avec un front vertical de hauteur E_m, se réfléchit totalement au bout de la ligne, en conservant son signe, revient en arrière avec une amplitude $2E_m$, avec laquelle elle parcourt à nouveau toute la longueur du câble, pour retomber à zéro à la seconde réflexion en bout de la ligne et finir avec cette valeur en revenant en arrière vers l'origine (fig. 2).

L'onde résultante oscille donc d'un mouvement de va-et-vient avec un front de hauteur E_m, et une amplitude qui varie de 0 à $2E_m$ en passant par E_m.

E_m dans notre cas particulier peut avoir la valeur maximum

$$\frac{3\,500 \times \sqrt{2}}{\sqrt{3}} \cong 2\,830 \text{ volts.}$$

A titre de comparaison, l'on peut estimer à

$$\frac{5\,000^{v} \times 200}{100\,000} = 10 \text{ v}$$

par kilomètre, la différence de voltage moyenne, suivant le développement du câble ou du circuit électrique dont

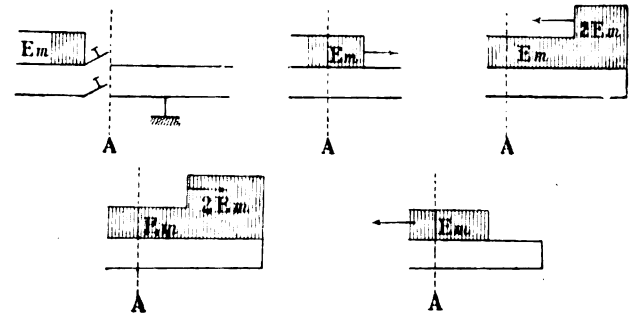


Fig. 2.

les divers éléments sont ramenés au kilomètre, de l'onde forcée en régime stable, de forme sinusoïdale de 3 500 v efficaces, de fréquence 50 et dans l'hypothèse que la vitesse de transmission

$$v = \frac{1}{\sqrt{LC}\sqrt{\mu\varepsilon}}$$

soit de 100 000 km : sec sur le câble.

Revenons au cas de la fermeture d'une source de puissance indéfinie de voltage E_m, sur un conducteur homogène, ouvert à son extrémité éloignée.

Il est facile de voir que ce conducteur de longueur l aura, au bout éloigné, un voltage qui dans le temps aura les valeurs indiquées sur la figure suivante (fig. 3).

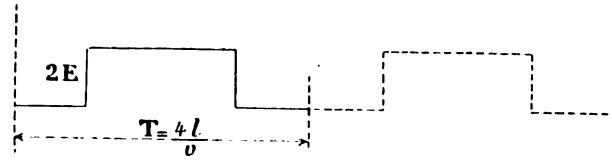


Fig. 3.

Si la ligne est à circuit ouvert, les réflexions sont totales.

Si elle se continue par une seconde ligne dont les constantes, résistance, self et capacité par unité de longueur sont différentes des siennes propres, il y a réflexion partielle.

En négligeant la résistance et en désignant respectivement par λ_1, λ_2, γ_1, γ_2 les self et les capacités kilométriques de chacune des lignes, le coefficient de réflexion pourra s'écrire

$$q = \frac{\sqrt{\frac{\lambda_2}{\gamma_2}} - \sqrt{\frac{\lambda_1}{\gamma_1}}}{\sqrt{\frac{\lambda_1}{\gamma_1}} + \sqrt{\frac{\lambda_2}{\gamma_2}}}.$$

Digitized by Google

la fraction qE étant réfléchie dans la ligne 1 où elle se superpose à l'onde E préexistante, tandis que l'onde $(1+q)$ est transmise sur la ligne 2.

Si cette ligne 2 est ouverte à son extrémité éloignée, l'onde $(1+q)E$ subit une réflexion totale et une onde de retour $(1+q)E$ se superpose à l'onde directe de même valeur.

A la rencontre de la première ligne, l'onde de retour $(1+q)E$ est réfléchie à son tour suivant la valeur $E(1+q)\times -q$, tandis que l'onde $E(1+q)(1-q)$ pénètre dans le conducteur 1.

Des réflexions partielles ou totales se produisent aux extrémités des deux lignes, ainsi qu'à leur point de jonction : la superposition de ces diverses ondes donnera donc lieu à des ondes complexes.

A la fermeture d'une force électromotrice E_m provenant d'une source indéfiniment puissante, sur un câble de longueur l relié à un second câble de longueur quelconque, mais très résistant par rapport au premier et ouvert à l'extrémité éloignée, une onde de longueur $H\,l$ se propage sur le premier conducteur et se réfléchit sur le second, en une onde d'amplitude approximative $2\,E_m$ qui, à la réflexion en bout de la ligne, atteint une amplitude d'environ $4\,E_m$.

En cas de terre ou de court-circuit en un point du conducteur qui se trouve au voltage E_m, l'onde de décharge n'atteint plus qu'une amplitude ayant la valeur absolue $3\,E_m$.

Le phénomène se simplifie et se précise si les deux câbles sont de longueur égale ou si la longueur du second est un multiple de celle du premier.

Dans ce cas il y a résonance.

Résonance. — Nous allons montrer que, dans ces conditions, les voltages peuvent prendre des valeurs considérables qui ne sont limitées pratiquement que par l'amortissement des circuits.

Les variations de voltage qui se produisent à l'extrémité d'une ligne de longueur l_1, prolongée par une seconde ligne de grande résistance d'onde, et sur laquelle on ferme, dans les conditions définies plus haut, une source d'énergie au voltage E_m, sont repré-

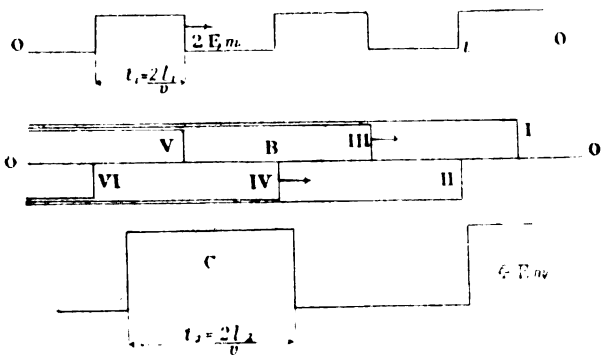


Fig. 4.

sentées, comme nous l'avons vu, par le diagramme de la figure 4.

Ce diagramme peut se remplacer par le tracé B où I, II, III... représentent des ondes continues de valeur

$$+2\,E_m, \qquad -2\,E_m, \qquad +2\,E_m, \text{ etc...}$$

La première onde $2\,E_m$ développe, à l'extrémité de la seconde ligne de longueur l_2, une succession d'ondes de forme rectangulaire et de hauteur voisine, mais inférieure à $4\,E_m$ (tracé C). Chacun de ces rectangles de longueur

$$t_2 = \frac{2\,l_2}{v}$$

est séparé du suivant par une distance

$$t_2 = \frac{2\,l_2}{v}.$$

L'onde I (diagramme B) est suivie au bout de l'intervalle de temps

$$t_1 = \frac{2\,l_1}{v}$$

par une onde rectangulaire négative

$$-2\,E_m$$

qui donne lieu, à son tour, à une succession de rectangles de voltage, d'amplitude inférieure à

$$-4\,E_m$$

et distants les uns des autres de

$$t_2 = \frac{2\,l_2}{v}.$$

A l'extrémité éloignée de la ligne 2, les deux battements, dus respectivement à l'onde I et à l'onde II, sont distants dans le temps de la valeur (fig. 5)

$$t_1 = \frac{2\,l_1}{v}.$$

Les battements dus à I se composent avec ceux dus à II. Vient ensuite l'onde III, puis IV, etc., etc...

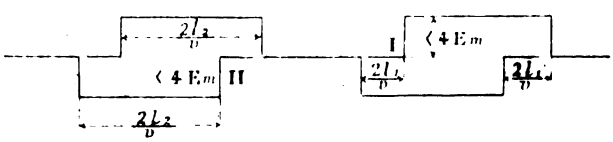


Fig. 5.

La composition des voltages dus à la superposition des diverses ondes I, II, III, peut être faite pour un point quelconque de la ligne l_2.

Ces mêmes effets se produisent sur une troisième ligne l_3, de forte résistance caractéristique par rapport à l_2. Le problème peut d'ailleurs être traité schématiquement, quelles que soient les résistances

$$W_1,\ W_2 \text{ et } W_3;$$

Digitized by Google

il suffit de faire intervenir les coefficients de réflexion.

$$q_1 = \frac{\sqrt{\frac{\lambda_2}{\gamma_2}} - \sqrt{\frac{\lambda_1}{\gamma_1}}}{\sqrt{\frac{\lambda_1}{\gamma_1}} + \sqrt{\frac{\lambda_2}{\gamma_2}}} = \frac{W_2 - W_1}{W_2 + W_1} \quad \text{et} \quad q_2 = \frac{W_3 - W_2}{W_3 + W_2}.$$

Les battements non plus que les ondes ne conservent ni leur amplitude, ni leur forme rectangulaire :

1° A cause de l'amortissement qui réduit d'autant plus l'amplitude des harmoniques que leur périodicité est plus élevée ;

2° Parce que la vitesse de transmission des ondes, que nous avons supposée uniforme, dépend du rang de l'harmonique et peut se représenter par :

$$v_k = \sqrt{\frac{1}{\lambda\gamma} - \frac{4\pi^2 l^2}{\pi^2 (1 + 2k)^2}} \times \frac{1}{\sqrt{\varepsilon\mu}}.$$

Le diagramme de la composition des voltages peut, en conséquence, se représenter par les deux schémas des figures 6 et 7 suivant que :

$$l_2 < l_1 \quad \text{ou} \quad l_2 = l_1.$$

Dans ce dernier cas il y a résonance.

D'une façon générale une ligne homogène de résistance d'onde quelconque et de longueur l_2, vibre en quart d'onde ; l'amortissement étant négligé, si au même point des ondes de même longueur $4\,l_2$ affluent, sous forme d'ondes de renforcement émanant de la source, à des intervalles de temps

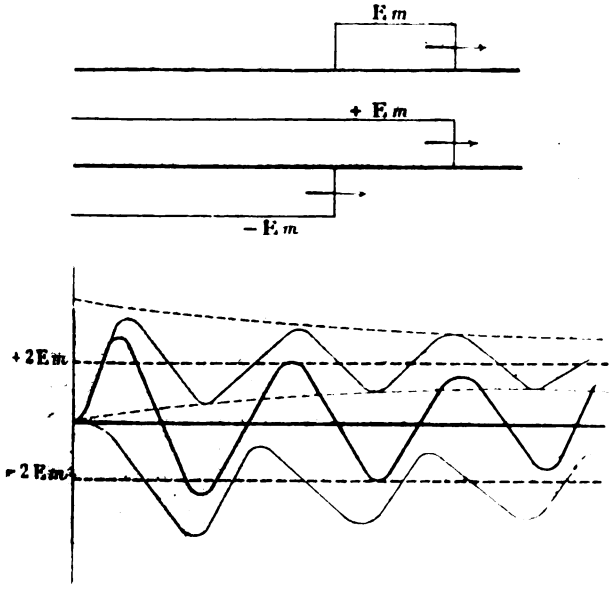


Fig. 6.

$$T = \frac{4\,l_1}{v} = \frac{4\,l_2}{v},$$

il y a accroissement, continu et indéfini, de l'amplitude des vibrations.

Les conditions de résonance sont également satisfaites dans l'hypothèse où la seconde ligne, à circuit ouvert, est de longueur

$$3\,l_1, \quad 5\,l_1, \quad 7\,l_1.$$

La surtension maximum est réduite dans ce cas dans le rapport des racines carrées des longueurs.

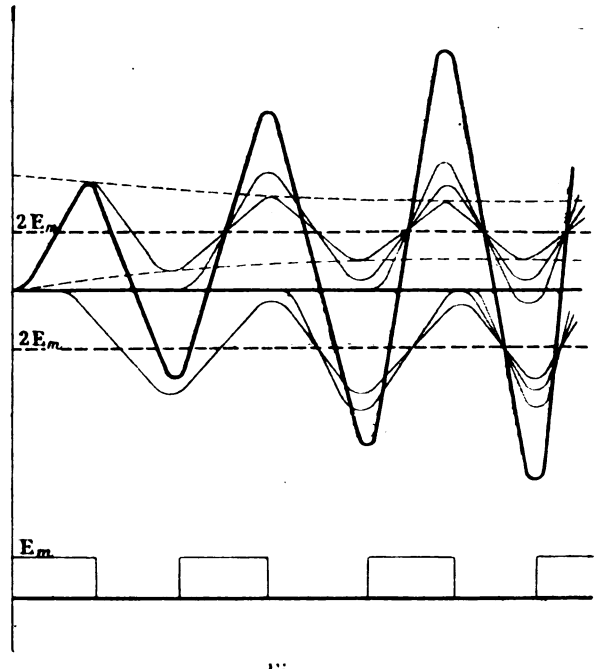


Fig. 7.

Si la seconde ligne est mise en court-circuit à l'extrémité éloignée, il y a résonance lorsque la longueur de la ligne est un multiple entier quelconque de la longueur de l'onde émanant de la source.

Mais cette période naturelle de vibration correspondant à une ligne homogène de longueur l_2 qui vibre en quart d'onde, se retrouve dans tout circuit composé d'une self L et d'une capacité C mise en série, à condition que la relation

$$2\pi\sqrt{LC} = \frac{4\,l_2}{v} = \frac{4\,l_1}{v}$$

soit satisfaite.

Nous arrivons donc à cette proposition fondamentale et de la plus haute importance pratique que :

Toute onde entretenue de longueur $4\,l_1$ produite, par exemple par l'application d'une force électromotrice $\pm E_m$, soit par la fermeture d'un interrupteur relié à une source de puissance indéfinie, soit par la production d'un court-circuit ou par la mise à la terre d'un point du circuit, sur une ligne homogène de longueur l_1, provoque un accroissement de voltage par résonance théoriquement indéfini, mais qui, pratiquement, est limité par l'amortissement à une valeur moindre, qui peut

Digitized by Google

néanmoins atteindre des valeurs considérables sur un circuit branché à sa suite et composé des éléments en série L et C liés par la relation

$$2\pi\sqrt{LC} = \frac{4l_1}{v}.$$

Or, dans une exploitation moderne, il se trouve toujours, du côté de l'usine, des selfs en série avec des capacités parcourues par des ondes de décharge.

Ces selfs sont généralement représentées par les selfs des bobines de déclanchement des interrupteurs automatiques ou des primaires des transformateurs d'intensité des ampèremètres ou wattmètres ; dans notre cas particulier (fig. 8), il y a à tenir compte également de la self des transformateurs élévateurs de tension et de celle de nos survolteurs dévolteurs.

La capacité C à faire intervenir est celle des barres omnibus et des câbles de raccordement des alternateurs

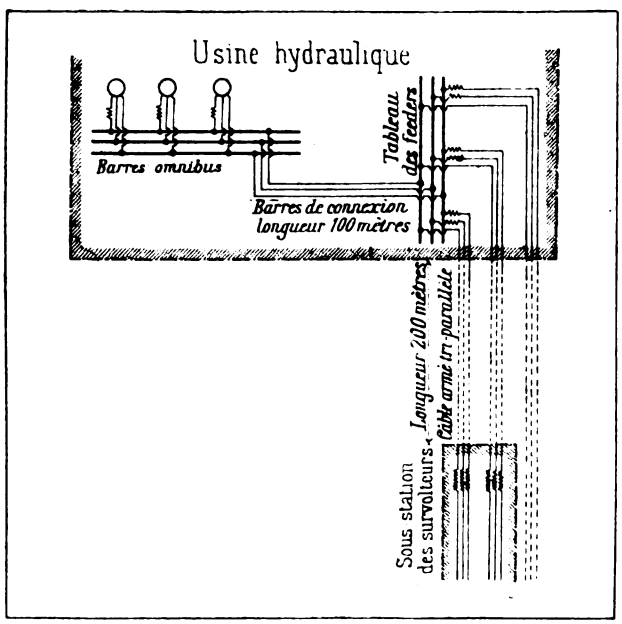


Fig. 8.

qui y aboutissent, des câbles qui relient les divers tableaux, ainsi que celle des câbles qui raccordent la station des survolteurs à notre usine. Ces divers éléments peuvent être combinés de façon très variée, suivant la spécification du circuit de décharge que l'on considère. Le nombre des combinaisons est très grand, et rend incertaine toute solution donnée par le calcul. Dans une exploitation triphasée, les appareils de déclanchement ne comprennent généralement des bobines de self que sur deux phases, la troisième traversant directement l'interrupteur; les ampèremètres de mesure ne sont souvent montés que sur une phase; la situation se complique là où les feeders aboutissent directement à l'usine sans passer par des appareils survolteurs; les automatiques divisionnaires, qui correspondent à cette dernière série de feeders, n'ont également que deux de leurs phases intéressées par le courant de déclanchement; or les phases intéressées soit à l'usine, soit au pied des feeders dans les kiosques divisionnaires, sont choisies au hasard des connexions.

Pour des raisons spéciales, deux de nos feeders aboutissent encore directement à l'usine sans passer par des appareils élévateurs de tension; l'élément capacité est donc trop difficile à définir pour qu'on puisse le faire intervenir explicitement dans un calcul.

L'on peut remarquer cependant que l — la distance du point où se produit la terre ou le court-circuit — ne représente qu'un petit nombre de kilomètres dans des réseaux souterrains;

$$\frac{4l_1}{v}$$

est donc nécessairement très petit;

$$2\pi\sqrt{LC}$$

doit, par conséquent, être également très petit. L'ordre de grandeur des selfs et des capacités définies par certaines des combinaisons de circuits mentionnées ci-dessus, est tel que l'égalité

$$\frac{4l_1}{v} = 2\pi\sqrt{LC}$$

est pratiquement réalisable.

La condition d'égalité absolue est d'ailleurs loin d'être indispensable; nous extrayons d'un mémoire du professeur Petersen le diagramme (fig. 9) relevé expérimen-

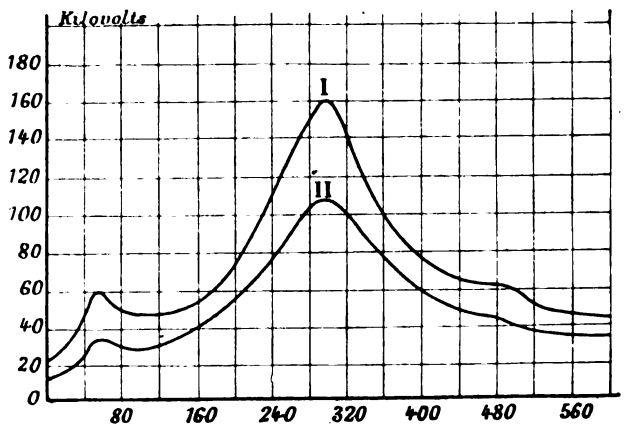


Fig. 9. — Surtensions relevées expérimentalement sur des barres omnibus.

I. Surtensions à la fermeture. — II. Surtensions de court-circuit

talement et qui montre que, pour des divergences très notables de l'égalité de condition, l'amplification des voltages ou les surtensions sont très considérables encore.

En résumé, comme l'a très nettement rappelé Steinmetz dans son étude des oscillations accidentelles qui affectent les distributions de grande étendue, il existe

Digitized by Google

trois fréquences distinctes, complètement indépendantes l'une de l'autre dont il y a lieu de tenir compte dans l'étude des tensions anormales qui se manifestent dans les distributions d'électricité à grand rayon d'action.

1°) La fréquence du système générateur — soit 50 périodes : sec dans notre cas particulier, comme fréquence fondamentale, avec des harmoniques impairs, d'amplitude généralement négligeable pour les fréquences élevées.

2°) La fréquence naturelle du circuit, dépendant des constantes de celui-ci, principalement de sa capacité et de son inductance.

Cette fréquence naturelle consiste en une fréquence fondamentale

$$n = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

et en tous ses multiples impairs, lesquels, en général, ne sont pas négligeables.

Brylinski a très nettement fait ressortir ces effets (1905); il calcule les surtensions correspondant aux divers harmoniques d'une onde complexe se propageant et oscillant sur une ligne du réseau du Littoral méditerranéen; il montre que, dans ce cas particulier, ce sont les harmoniques de rang voisin du quintuple de la fréquence fondamentale qui sont dominants.

Brylinski montre également par un exemple que les lignes et, à plus forte raison, les câbles constituent par elles-mêmes des étouffeurs d'harmoniques supérieurs.

C'est ce même effet qui arrondit les angles et provoque en quelque sorte un traînage des oscillations à périodicité élevée.

3°) La fréquence de la perturbation produite dans le circuit, qui apparaît comme un système d'ondes se propageant le long de la ligne et se réfléchissant partiellement ou totalement avec interférences ou superpositions complexes.

Ces quelques considérations élémentaires ayant été rappelées, l'explication des phénomènes qui ont accompagné les deux accidents d'exploitation relatés plus haut devient simple.

Une onde de décharge consécutive à la mise à la terre accidentelle d'un câble haute tension s'est propagée sur tout notre réseau. Cette onde a provoqué de nombreuses réflexions totales ou partielles. L'ensemble de toutes ces ondes, de périodicité et d'amplitude diverses, a donné lieu à un état complexe, variable, rapidement éteint par l'amortissement des divers éléments du circuit.

Or, aucun des quelques huit cents transformateurs qui sont en service sur notre distribution, et dont un grand nombre sont de construction fort ancienne, aucune longueur de câble de nos 360 kilomètres de haute tension n'a souffert du passage de cette onde.

Si une double rupture d'isolation a été constatée à l'usine, et à l'usine seulement, sur des appareils dont certains sont de construction moderne et qui présentent tous de bonnes conditions de rigidité électrique, c'est que, vraisemblablement la sollicitation à la rupture des diélectriques a été plus sévère pour ces appareils, en raison de conditions locales particulières. Or, ce n'est qu'à l'usine que nous trouvons réalisé le circuit oscillant de Thomson; avant sa pénétration dans l'usine, l'onde de décharge rencontre tout d'abord au bout du feeder qui la transporte une self constituée par les enroulements des survolteurs, puis à 250 m au delà, celle due aux bobines série des électros de déclanchement des automatiques et ensuite une capacité représentée par les barres omnibus, par les rails de liaison et par les câbles triphasés qui aboutissent aux divers tableaux de l'usine génératrice.

En dérivation sur les barres, sont pris les alternateurs.

Dès lors, la rupture d'isolation des spires d'entrée d'un survolteur côté usine ou du premier alternateur, pour chacun des deux accidents relatés, s'explique aisément. Le voltage

$$-E_m = -K\frac{3\,500}{\sqrt{3}} \text{ volts}$$

brusquement appliqué sur le réseau à quelques kilomètres de l'usine, a développé une onde courte dont la longueur s'est trouvée à peu près la même que celle du circuit oscillant — survolteur à l'entrée de l'usine et capacité des barres omnibus — puis transformateurs des relais de déclanchement des automatiques des feeders, capacité du tableau des feeders, des rails de liaison, des barres omnibus du tableau des machines, self des transformateurs série, des ampèremètres des alternateurs et capacité du câble de connexion des alternateurs au tableau central. L'on peut ajouter la capacité d'un toron de l'ensemble des feeders jusqu'à la station de survoltage et la capacité d'un toron de chacun des deux feeders qui ne passent pas par le bâtiment des survolteurs.

Par résonance, la tension s'est amplifiée aux barres omnibus et les spires d'entrée des appareils directement raccordés sur celles-ci ont été sollicitées au maximum. Un survolteur et un alternateur ont présenté, sans doute, vers l'entrée des parties de circuit imparfaitement isolées de spire à spire.

La fréquence qui correspond à

$$\frac{4\,l_1}{v}$$

où l_1 représente quelques kilomètres de câble est telle que, pendant la période variable, le voltage diminue des bornes d'entrée vers le point neutre : le claquage a donc dû se produire à l'entrée des appareils, côté barres omnibus.

Ce claquage a amené une nouvelle terre; une tension brusque de

$$-K\frac{3\,500}{\sqrt{3}} \text{ volts}$$

Digitized by Google

s'est trouvée appliquée sur le circuit de l'usine, à quelques dizaines de mètres des barres omnibus, cette fois, soit aux bornes d'entrée d'un survolteur côté usine, soit aux bornes de l'alternateur avarié. Il en est résulté une onde extrêmement courte et à périodicité très élevée, qui, en passant au travers des bobines série des ampèremètres du tableau central et de la capacité des barres omnibus s'est amplifiée par pseudo-résonance et a pénétré dans les alternateurs.

Dans le premier cas — court-circuit aux bornes des survolteurs — la tension — E s'est propagée suivant une onde rectangulaire et la longueur de câble séparant le survolteur de chacun des alternateurs a vibré en quart d'onde.

Dans le cas du court-circuit aux bornes de l'alternateur (fig. 10), la tension — E s'est réfléchie aux bornes

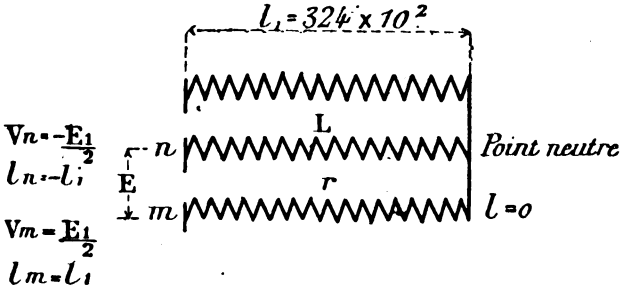


Fig. 10. — Alternateur triphasé.
Nombre de bobines : 24 par phase;
Nombre de spires : 7 par bobine.

des survolteurs et est revenue avec une amplitude — 2 E : l'oscillation entretenue résultante vibrant de même avec une longueur de 4 fois les distances de l'alternateur court-circuité aux survolteurs.

La décroissance du voltage depuis les bornes d'entrée des survolteurs, jusqu'à leur point neutre, ne s'est plus faite cette fois de façon graduelle et continue; les alternateurs ont vibré en bobines de Seibt ou en résonateur d'Oudin. Sur la longueur des bobinages se sont formés un grand nombre de nœuds et de ventres de tension, et le claquage s'est produit de spire en spire, en un point plus faiblement isolé que les autres, éloigné des bornes d'entrée.

Rappelons la formule qui donne en notations symboliques le voltage E en un point l d'un conducteur soumis à son origine à un voltage E_1

$$E = E_1 \frac{(e^{+\alpha l} - e^{-\alpha l}) \cos \beta l - j\,(e^{+\alpha l} + e^{-\alpha l}) \sin \beta l}{(e^{+\alpha l_0} - e^{-\alpha l_0}) \cos \beta l_0 - j\,(e^{+\alpha l_0} + e^{-\alpha l_0}) \sin \beta l_0},$$

l_0 étant la longueur totale,
l étant la distance depuis le point o et comptée avec le signe + dans le sens de l'énergie croissante, comptée avec le signe — par conséquent en s'éloignant de la source d'énergie,
e est la base des logarithmes népériens,

$$\alpha = \sqrt{\frac{1}{2}\omega^2 \lambda \gamma \left(\sqrt{1 + \frac{r^2}{\omega^2 \lambda^2}} - 1\right)},$$

$$\beta = \sqrt{\frac{1}{2}\omega^2 \lambda \gamma \left(\sqrt{1 + \frac{r^2}{\omega^2 \lambda^2}} + 1\right)}.$$

Les valeurs absolues peuvent s'écrire sous la forme

$$E = E_1 \sqrt{\frac{e^{+2\alpha l} + e^{-2\alpha l} - 2 \cos \beta l}{e^{+2\alpha l_0} + e^{-2\alpha l_0} - 2 \cos \beta l_0}},$$

soit

$$E_1 \sqrt{\frac{\cosh^2 \alpha l - \cos^2 \beta l}{\cosh^2 \alpha l_0 - \cos^2 \beta l_0}},$$

ou

$$E_1 \sqrt{\frac{\sinh^2 \alpha l + \sin^2 \beta l}{\sinh^2 \alpha l_0 + \sin^2 \beta l_0}}$$

L'application numérique de cette formule dans laquelle importe surtout la valeur maxima de

$$\frac{dE}{dl},$$

soit la valeur de

$$\alpha\,(e^{+2\alpha l} - e^{-2\alpha l}) + 2\beta \sin \beta l,$$

est très incertaine dans notre cas particulier.

Les ondes se propagent suivant de nombreux chemins : comme le montre le circuit schématique de la figure 8, le circuit résonnant qui précède l'entrée de l'onde dans les enroulements est de composition très variée, mais non arbitraire. La capacité de ce circuit varie depuis une valeur très petite, jusqu'à quelques microfarads; la self correspondante varie de même de quelques centièmes de microhenry jusqu'à quelques microhenrys.

(A suivre.)

J. SAROLEA,
Directeur technique de la Société lyonnaise des Forces motrices du Rhône.

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

Assemblées générales

Sud-Lumière.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 21 DÉCEMBRE 1916.

Le rapport présenté à l'assemblée des actionnaires fait ressortir un bénéfice de 45 187 fr se ressentant de l'augmentation des recettes de vente de courant, alors que l'exercice précédent s'était soldé par une perte de 92 702 fr.

Bien que ce dernier exercice soit en amélioration de 207 889 fr sur le précédent, la situation créée par suite de la hausse des charbons reste préoccupante; aussi le Conseil, estimant que les circonstances recommandent la plus grande prudence, a décidé de reporter à nouveau la totalité du disponible, soit 101 639 fr, défalcation faite du solde de l'exercice 1914-1915, et après attribution d'une somme de 5 349 fr à la réserve légale.

Nous donnons ci-après le bilan au 30 juin 1916; à l'actif, on constate, par rapport à l'exercice précédent, une augmentation des dépenses de travaux d'établissement de 122 666 fr (lignes primaires et branchements); et au passif, la réserve contribution des clients, qui figure pour 86 518 fr, s'est augmentée des sommes versées par eux pour des installations en dehors des réseaux.

BILAN AU 30 JUIN 1916.

Actif.	fr
Apports	1 262 440,70
Frais de constitution	15 297,15
Frais de premier établissement	231 710,88
Concessions, études, mise en route	245 462,10
Dépenses pour travaux d'établissement	5 948 990,07
Outillage, compteurs, installation des bureaux et ateliers	109 989,47
Caisse et banques	154 315,15
Effets à recevoir	»
Abonnés	193 934,32
Débiteurs divers	396 830,43
Marchandises générales	243 711,29
Cautionnements	5 983,10
Titres et valeurs	256 000 »
Prime de remboursement et frais d'émission des obligations	248 629,65
Comptes d'ordre (travaux en cours)	234 774,82
Profits et pertes (report de l'exercice précédent)	8 198,49
	9 556 267,62

Passif.	fr
Capital actions	5 000 000 »
Réserve légale	35 978,39
Fonds général d'amortissement	888 376,90
Réserve contribution des clients	86 518,40
Obligations émises	2 218 500 »
Dépôts de garantie	98 508,25
Fournisseurs	438 168,47
Créditeurs divers	584 102,58
Coupons actions échus restant à payer	7 515,96
Coupons obligations échus restant à payer	26 471,02
Coupons obligations nº 11	49 500 »
Installations en cours	7 440,18
Résultats de l'exercice	115 187,47
	9 556 267,62

Société d'éclairage électrique de Bordeaux et du Midi.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 20 DÉCEMBRE 1915.

Les recettes de l'exercice 1914-1915, se terminant au 30 juin 1915, ont atteint 1 282 213 fr contre 1 507 096 pour l'exercice précédent, dénotant une diminution qui s'explique par la mobilisation d'une grande partie des abonnés et la réduction des heures d'éclairage des principaux clients. La reprise de l'activité industrielle de Bordeaux, qui s'est accentuée dans les derniers mois, n'avait pas pu exercer une influence sensible sur les recettes au 30 juin dernier.

Sur les bénéfices de l'exercice s'élevant à 253 437 fr, après un prélèvement de 95 787 fr pour les amortissements de différents postes et une attribution de 7 882 fr à la réserve légale, un dividende de 9 pour 100 a été distribué aux actionnaires et un solde de 13 817 fr, comprenant celui de l'exercice précédent, a été reporté à nouveau.

Le bilan, au 30 juin 1915, se présente comme suit :

BILAN AU 30 JUIN 1916.

Actif.	fr
Immeubles et terrains	714 217,38
Usine et canalisations	2 921 289,07
Branchements aériens	191 408,85
Installations chez les abonnés	1 »
Mobilier	1 »
Compteurs en location	257 988,53
Installations communes	1 000 000 »
Installations en location portant vente	198 435 «
Clientèles	1 »
Valeur de la concession	1 100 418,97
Apports Tricoche	165 940,99
Frais d'émission et primes de remboursement	1 »
Marchandises en magasin	68 033,36
Caisse	18 675,29
Banques	517 821,24
Débiteurs divers	150 509,74
Cautionnements, impôts remboursables	16 751,52
Obligations restant à la souche	192 500 »
Portefeuille	50 000 »
	7 623 944,64

Passif.	fr
Capital	1 500 000 »
Obligations en circulation	5 085 000 »
Réserve légale	95 187,14
Fonds de renouvellement du matériel	175 000 »
Fournisseurs et créditeurs divers	66 783,27
Dividendes dus aux actionnaires (exercices 1911-1912 et 1912-1913)	1 341,29
Solde dividende (exercice 1913-1914)	105 000 »
Intérêts dus aux obligataires et obligations à rembourser	131 364,35
Obligations moratoriées	159 000 »
Caisse de retraites	6 223,69
Ville de Bordeaux	32 483,93
Règlement d'inventaire	6 176,41
Profits et pertes. Report de l'exercice 1913-1914	6 527,40
Bénéfices de l'exercice	253 437,36
	7 623 994,64

Digitized by Google

Revues, analyses et informations

L'Université de Grenoble et l'expansion industrielle dans les Alpes françaises.

Dans une note présentée par M. Barbillion à la Chambre de Commerce de Grenoble, le distingué directeur de l'Institut polytechnique de cette ville a rappelé le rôle que l'Université de Grenoble avait joué dans le développement de l'industrie électrothermique de la région, par la création en particulier d'une chaire d'électrochimie et d'électrométallurgie tenue par M. Flusin.

L'action morale et directrice, exercée par un établissement scientifique universitaire en matière de recherche et de mise au point de ces industries neuves, est incontestable. Plus nécessaire encore à l'ingénieur, au chercheur ou à la Société d'études serait un très vaste laboratoire où pourraient être essayés en grand les procédés qui, après avoir donné d'excellents résultats chez l'inventeur, n'ont pas toujours le rendement attendu lorsqu'ils sont appliqués dans une usine.

Ce service existe déjà à l'état embryonnaire à l'Institut de Grenoble, mais la guerre est venue suspendre l'exécution des projets plus vastes qui étaient en grande partie l'œuvre du regretté président de la Chambre de Commerce, M. Viallet.

M. Barbillion estime que la création de ce laboratoire présentera un renouveau d'intérêt après la clôture des hostilités. Souhaitons que le concours des industriels intéressés lui permette d'adjoindre cette nouvelle institution à celles plus anciennes et déjà prospères de l'Ecole française de papeterie, du Bureau de Contrôle et d'Essais électriques et de la Station d'essais électrochimiques.

Quelques idées des Allemands sur leur commerce extérieur après la guerre.

Il n'est pas sans intérêt de chercher à connaître les idées des industriels allemands sur les conditions dans lesquelles se présentera pour eux la lutte économique d'après guerre.

Leurs aspirations ou plutôt leurs appétits se sont fait jour dans plusieurs documents célèbres tels que « Le mémoire confidentiel adressé par les six grandes associations industrielles et agricoles d'Allemagne au chancelier de l'empire sur des conditions de la paix future ».

Mais ces manifestations tapageuses ne livrent pas exactement le fond de leur pensée ; celle-ci pourrait davantage se rencontrer dans leurs revues techniques, telles que l' « Elektrotechnische Zeitschrift » où, sous une forme très subtile, nous pouvons relever dans le numéro du 16 novembre dernier la preuve de leur inquiétude au sujet de l'avenir économique qui leur est réservé.

La curieuse étude qui est consacrée aux « Soucis des Américains au sujet du commerce extérieur de l'Allemagne » commence par exposer, en les traitant d'absurdes, les intentions que la presse américaine prêterait aux Allemands d'inonder, aussitôt la conclusion de la paix, les marchés mondiaux de produits manufacturés pendant la guerre. Voici en quels termes ils s'expriment à ce sujet.

« Des idées merveilleuses circulent actuellement, même dans les pays neutres, sur notre vie économique actuelle; cela ressort très nettement de la lecture des journaux américains, lesquels s'inspirent de renseignements puisés à des sources scandinaves.

» Ces journaux soutiennent que l'Allemagne, pour remplacer actuellement les ouvriers mobilisés en état de porter les armes, utilise une armée de femmes, d'enfants et de vieillards pour, même pendant la guerre, préparer une immense quantité de produits manufacturés. Dès la conclusion de la paix, ces marchandises seraient jetées sur les marchés étrangers à des prix extraordinairement bas, ce qui permettrait à l'Allemagne de reconquérir d'un seul coup la suprématie perdue pendant la guerre sur le marché mondial. Les Américains désignent cette vente au-dessous du prix de revient sous le nom de « dumping ». On donne même des chiffres et on affirme sérieusement que, depuis le début de la guerre, l'Allemagne a fabriqué pour une valeur supérieure à cinq milliards de marks de ces marchandises à bon marché; qu'elles ont été emmagasinées sous le contrôle de l'Etat, en attendant le moment propice pour inonder le marché mondial. Que nos ennemis fassent crédit à de telles contes ou même que, sans les croire, ils les répandent méchamment, cela n'a pas lieu de nous étonner. »

La revue allemande des électriciens s'évertue ensuite à réfuter ces accusations « dont on comprendra, dit-elle, naturellement et très facilement l'inanité » par la raison principale qu'il est impossible aux Allemands de préparer des marchandises pour l'après-guerre « alors que les possibilités permettent à peine de répondre aux plus pressants besoins ». Réjouissons-nous de recueillir en passant cet aveu, mais gardons-nous aussi de nous laisser aller à une trompeuse sécurité. La vertueuse Allemagne, une fois de plus calomniée par ses rivaux, n'a certainement pas renoncé à ses rêves d'hégémonie, et le réveil pourrait être désagréable pour ceux de nos industriels, s'il y en avait encore, qui s'imagineraient pouvoir écouler désormais leurs produits sur des marchés définitivement débarrassés de l'âpre concurrence de nos voisins.

Les débouchés commerciaux dans l'Amérique latine.

Beaucoup d'économistes et d'industriels se préoccupent actuellement de développer dans l'avenir nos relations commerciales avec les pays de l'Amérique du Sud et de l'Amérique centrale. Dans ce but vient d'être créée, sous le nom « Europa y America », une nouvelle revue bimensuelle illustrée (1).

Sa partie rédigée en français fait connaître les ressources et débouchés économiques sans nombre offerts par l'Amérique latine. Sa section en langue française sert de propagande aux produits et découvertes de la science, de l'industrie et du commerce de la France dans les pays de mentalité latine.

Des renseignements de toute espèce sur l'Amérique latine sont fournis verbalement ou par correspondance à tout abonné ou annoncier de la revue, dans ses bureaux.

(1) Bureaux; 18, avenue Kléber à Paris, abonnement annuel: France 12 fr; Union postale; 18 fr; Amérique, 3 dollars.

Digitized by Google

SECTION DE LÉGISLATION

Les brevets Fleming et de Forest

Un procès en Amérique

L'auteur donne l'analyse d'un jugement rendu à New-York, le 22 septembre 1916, à l'occasion d'un procès intenté par la Compagnie Marconi à la Société Lee de Forest, pour infractions à un brevet que Fleming lui avait transmis. Ce jugement commence par établir l'originalité et l'antériorité de l'invention de Fleming; il déclare ensuite que les brevets revendiqués par la Société Lee de Forest ne permettent pas d'application d'utilité commerciale, et après avoir démontré que les circuits de Fleming et Audion sont équivalents, l'arrêt conclut que les revendications du brevet Fleming en question sont valables et que les défendants ont commis une infraction à ces revendications. Le juge a en même temps reconnu que de Forest avait apporté une contribution intéressante à la science par son Audion à trois électrodes qui, en effet, a été le premier modèle des lampes a grille intermédiaire dont l'usage s'est généralisé depuis.

Un procès, dont l'importance n'échappera pas aux électriciens, vient d'être jugé, le 22 septembre 1916, devant le tribunal du district méridional de New-York.

La Compagnie américaine Marconi de Télégraphie sans fil attaquait solidairement d'une part la Société intitulée « De Forest Radio Telephone and Telegraph C° » et réputée filiale de la Société allemande « Telefunken » et d'autre part M. Lee de Forest. Elle prétendait que les défendants avaient commis des infractions à un brevet que lui avait transféré M. John Ambrose Fleming, de Londres. Ce brevet américain n° 803684, déposé le 19 avril 1905 et délivré le 7 novembre 1905 était intitulé : « Instrument pour convertir les courants électriques en courants continus. »

Les défendants déposèrent à leur tour une plainte reconventionnelle, prétendant que la Société Marconi avait commis des infractions à divers de leurs brevets américains.

Parmi les brevets américains du groupe Forest, les seuls dont les revendications indiquées entrèrent en jeu au cours des débats sont les suivants :

N°s	Revendications.		Déposé.	Délivré.
979 275	8, 16, 20, 29 et 35		2 fév. 1905	20 déc. 1910.
867 856	3, 4, 5, 6, 7, 14, 18	Orig.	2 fév. 1905	8 oct. 1907.
		Div.	4 avril 1906	
867 877	4	Orig.	2 fév. 1905	8 oct. 1907.
		Div.	12 juin 1907	
867 878	9	Orig.	2 fév. 1905	8 oct. 1907.
		Div.	12 juin 1907	
824 637	8		18 janv. 1906	26 juin 1906.
836 070	5, 6, 7, 8	Orig.	18 janv. 1906	13 nov. 1906.
		Div.	19 mai 1907	
841 386	1, 2, 3, 13, 15, 20, 21		27 août 1906	15 janv. 1906.

Nous nous proposons de suivre et résumer les considérants du juge, M. Julius Mayer, en ne craignant pas de laisser au texte traduit son sens littéral.

Le juge pose au préalable le critérium de ses décisions : « La Cour, dit-il, se refuse à suivre les spéculations théoriques, mais ne juge que sur des choses démontrables. »

Puis, comme le débat porte sur les « détecteurs », il les étudie. Il part de la définition de Waterman : « Le détecteur est un appareil indicateur qui est sensible à l'effet et révèle la présence de courants oscillants à haute fréquence produits au poste récepteur de télégraphie sans fil par la transmission d'ondes électriques ».

Il classe ensuite de la manière suivante les qualités demandées à un détecteur : sensibilité, sûreté, facilité de sa manipulation par l'opérateur-receveur.

Plus tard il dira aussi qu'un bon détecteur doit être précis, rapidement en action et permettre la réception à grande distance.

Il passe en revue les différents détecteurs utilisés avant l'appareil de Fleming, le cohéreur, le microphone; le détecteur magnétique, électrolytique et à cristaux.

Cet examen va lui permettre d'apprécier à sa valeur l'œuvre de Fleming.

Il y a la description d'une invention utile dans le brevet de Fleming. — La découverte du savant anglais fut brevetée en Angleterre, le 16 novembre 1904.

Personne, avant Fleming, dit M. Mayer, n'avait révélé ni même insinué la possibilité de se servir pour détecteur d'un instrument connu depuis longtemps (la lampe Édison). La découverte ne se rattache pas au passé. Elle provient de « l'attachement de l'auteur à la théorie de la rectification des courants alternatifs ».

Notons, pour l'intelligence de ce qui va suivre, que Fleming donne aux mots « courant continu » le sens anglais de courant direct, intermittent, variable ou constant. D'après une récente convention, on entend

Digitized by Google

par courant continu un courant direct de valeur invariable.

Pour prouver sa proposition, M. Mayer cite le texte du brevet américain :

L'invention nouvelle et utile a pour but de transformer les courants alternatifs et spécialement les courants alternatifs à haute fréquence, ou les oscillations électriques, en courants électriques continus pour qu'ils soient détectables et mesurables avec les appareils ordinaires à courant continu : galvanomètres à miroir et ampèremètres. Ces sortes d'instruments ne sont pas sensibles aux courants électriques alternatifs à haute ou basse fréquence qui ne peuvent être mesurés et détectés que par des appareils établis spécialement. Il est cependant d'une grande importance de détecter, par les déviations de l'aiguille ou du miroir d'un galvanomètre, de faibles oscillations électriques comme celles qui sont employées en télégraphie sans fil. Ce résultat sera obtenu si le courant alternatif peut être rectifié, soit en supprimant dans une direction tous les courants électriques constituants et en gardant les autres, soit en changeant la direction de l'une des séries de courants qui composent le courant alternatif de telle sorte que tout le mouvement de l'électricité ait lieu dans le même sens.

Lorsque deux conducteurs sont renfermés dans un récipient, où un bon vide a été effectué, et que l'un d'eux est porté à une haute température, j'ai découvert que l'espace entre le chaud et le froid possède une conductibilité unilatérale et que de l'électricité négative passe du chaud au froid, mais pas dans le sens inverse.

Comme le conducteur chaud doit être porté à une très haute température voisine du point de fusion du platine (1700°), il doit être en charbon et de préférence avoir la forme d'un filament de lampe à incandescence. Le conducteur froid peut être en plusieurs matières : toutefois, je le préfère en métal brillant, platine ou aluminium ou encore en charbon.

Les deux conducteurs sont enfermés dans une ampoule analogue à celle des lampes à incandescence et je porte généralement le filament de charbon à un haut état d'incandescence par un courant continu. Le filament et le conducteur froid sont réunis électriquement par l'intermédiaire de fils de platine scellés dans le verre.

M. Mayer constate que l'exposé spécifie nettement que le vide est nécessaire dans le récipient et que le filament doit être porté à un haut état d'incandescence.

Fleming, dit-il, a permis « la pleine connaissance » de son invention en soumettant à la Société Royale, le 9 février 1905, la courbe caractéristique qui donne la valeur de l'intensité dans le détecteur en fonction de la différence de potentiel appliquée à ce détecteur. Pour réaliser cette courbe on se sert du montage suivant : On relie électriquement le filament et le conducteur froid par un circuit comprenant en série une batterie, une résistance ohmique et un galvanomètre ou ampèremètre. Un voltmètre est placé en dérivation sur le détecteur. On constate que la sensibilité du détecteur augmente avec l'incandescence du filament et par conséquent on devrait employer un haut état d'incandescence.

Après l'examen de ces documents, M. Mayer conclut que l'invention Fleming a donné aux spécialistes un détecteur nouveau, de construction facile et qui a maintenant un usage commercial important. Ce détecteur est très sensible, d'un maniement facile pour les opérateurs même peu exercés et non techniciens, et ne se dérègle que momentanément par suite des orages.

Le juge estime que le groupe de Forest était mal fondé dans sa première action en niant l'invention revendiquée par le brevet Fleming et que les raisons invoquées ne supportent pas une longue discussion. Il considère que les brevets Tesla et Fessenden n'ont pas de rapport avec ceux de Fleming et que, dans le but recherché par l'inventeur, la découverte des tubes de Valbreuze et de Zehnder n'a pas été utilisée.

Il repousse la thèse que les principes du détecteur seraient empruntés aux redresseurs de Wehnelt et de Cooper-Hewitt, car on ignorait avant Fleming que les redresseurs de basse fréquence pouvaient redresser des ondes à haute fréquence et « qu'un redresseur d'ondes pouvait servir de détecteur ». M. Pickard, auteur de travaux cités aux débats, expliquait au début l'action du cristal par des effets thermo-électriques. Ce n'est qu'à la suite d'une publication de Pierce, en 1907, que Lee de Forest modifia son brevet pour le mettre d'accord avec la théorie de la rectification.

LE PREMIER BREVET DE FOREST N° 979 275 ET LES TROIS SUIVANTS NE COMPORTENT AUCUNE UTILISATION PRATIQUE. — M. Mayer estime que le plaignant est fondé en assimilant ce brevet et ses applications divisionnaires au brevet des brûleurs Bunsen. De Forest n'y parle point d'électrode incandescente. Au contraire, dans la spécification, il est évident qu'il indique seulement ce que le profane désigne sous le nom de « gaz chauffant ». Il s'exprime ainsi :

J'ai découvert qu'entre deux électrodes la séparation électrique peut être suffisamment neutralisée pour qu'elle puisse agir comme détecteur d'oscillations si le gaz interposé et entourant les électrodes est placé dans une certaine condition d'activité moléculaire. Cette condition est réalisable en chauffant le gaz par radiation, conduction ou par combustion de gaz dans l'espace qui entoure les pôles.

Le juge estime que, traduit en bon anglais, cet exposé signifie : « Je veux essayer de rendre le gaz conducteur entre les deux électrodes en le chauffant jusqu'au point de dissociation. »

Et il croit, parce que le brevet n'en parle pas, à l'encontre de celui de Fleming, que la lampe détecteur était, en novembre 1904, « la plus lointaine des pensées de Forest ».

Les défendants ont essayé d'établir que de Forest décrivait dans son premier brevet l'ionisation par chocs, distincte de la dissociation par flamme, et ainsi devançait Fleming puisqu'il aurait réalisé le premier l'émission électronique.

Mais M. Mayer juge que le brevet ne révèle que le chauffage du gaz. Il ajoute que les appareils décrits ne comportent aucune utilisation pratique et qu'il suffit de les voir fonctionner pour partager cet avis.

En conséquence, il déclare sans valeur et écarte du débat le premier brevet de Forest et les trois suivants comme n'ayant aucune fin pratique.

Digitized by Google

Les brevets de Forest n° 824637 et 846070 ne permettent aucune application d'utilité commerciale. La plainte reconventionnelle rejetée. — Le juge, avant d'examiner les deux brevets déposés le 18 janvier 1906, rappelle que le texte de la communication de Fleming, en mars 1905, à la Société Royale, était connu de de Forest en décembre 1905. D'une part, il est prouvé qu'à cette époque, pour la rédaction d'un brevet autre que ceux examinés, il s'est servi des mots employés par Fleming : « récipient où le vide a été poussé » (1) et « chauffé par incandescence ». D'autre part on sait que le 21 décembre 1905, il a écrit à son sollicitor pour s'enquérir du dernier brevet de Fleming.

Les brevets du 18 janvier 1906 ont servi de base, entre autres, à certaines conclusions déposées par les défendants. De Forest, disaient-ils, a inventé l'emploi d'une batterie locale connue sous le nom de batterie B. Si la Cour reconnaissait le fait, les défendants réclameraient contre les plaignants pour infraction à leurs brevets. En cas contraire, ils ne pourraient être considérés comme ayant commis d'infraction.

Le juge estime que Fleming n'aurait pas eu de peine à décrire la lampe à incandescence en y ajoutant la batterie B (il revient plus loin sur cette question) et s'attache à démontrer que de Forest n'avait dans l'esprit, quand il déposait ses brevets du 18 janvier 1906, qu'un milieu gazeux conducteur.

Dans les textes examinés, les seules lignes où il est question de vide sont les suivantes (brevet 824637) :

Dans toutes les réalisations de la présente invention, les électrodes sont placées dans un gaz convenable qui les entoure et elles peuvent être contenues dans un récipient qui « peut être particulièrement épuisé ».

A propos d'incandescence, on ne peut citer que ce passage :

Dans la figure 1, deux filaments C qui peuvent être ordinairement des filaments de charbon sont scellés dans le récipient.

Ces passages, la commande à un M. Candless d'une lampe à incandescence, la correspondance de de Forest avec son sollicitor, et notamment la lettre du 20 janvier où il dit : « mais le nouveau récepteur est le meilleur encore » confirment M. Mayer dans son opinion.

M. Mayer conclut que les brevets n° 824637 et 846070 ne permettent aucune application d'utilité commerciale, que les plaignants n'enfreignent pas les brevets des défendants et que la plainte reconventionnelle doit être rejetée.

Comparaison de la lampe Fleming et de l'Audion. — Fleming avait le droit de se servir du potentiomètre. — Le juge compare ensuite le brevet Fleming à l'Audion de Forest, brevet n° 841326 déposé le 17 août 1906.

(1) En anglais « exhausted vessel » ; mot à mot « vase épuisé ».

Voici, parmi les revendications du brevet Fleming, celles qu'il cite :

1. La combinaison des éléments suivants : un récipient vide, deux conducteurs adjacents mais ne se touchant pas et placés tous deux dans le récipient ; un moyen pour chauffer l'un des conducteurs ; un circuit extérieur au récipient connecté aux deux conducteurs.

37. A la station réceptrice d'un système de télégraphie sans fil employant des oscillations électriques à haute fréquence, un détecteur comprenant les éléments suivants : un récipient vide, deux conducteurs adjacents mais ne se touchant pas et placés tous deux dans le récipient ; un moyen pour chauffer l'un des conducteurs ; un circuit extérieur au récipient connecté aux deux conducteurs ; un moyen pour détecter le courant continu dans le circuit ; un moyen pour imprimer sur ce circuit les oscillations reçues.

M. Mayer estime que le n° 1 est une revendication large et acceptable de la lampe à incandescence employée comme détecteur. Le n° 37 donne le détail essentiel du circuit local.

En comparant le brevet Fleming au brevet de l'Audion, il constate des différences de théorie.

Fleming expose la théorie de la rectification tandis que les défendants expliquent que l'Audion « est un relais téléphonique, en d'autres termes que les produits de leur appareil sont des courants alternatifs à la fréquence « Audion » qui empruntent leur énergie aux agents locaux et non aux phénomènes de l'extérieur.

Il en résulte que le rôle de la batterie locale est compris d'une manière différente par chaque partie adverse et que cette question est la base du débat.

Les lampes détecteurs possèdent une idiosyncrasie d'opération. Si on en essaye un certain nombre, semblables, construites avec les mêmes matériaux, soumises à la pompe à vide et scellées pendant le même temps, on constate qu'il faut, pour les faire fonctionner au mieux, leur appliquer des tensions qui varient avec chaque lampe.

C'est pour cette raison qu'on emploie un ou des potentiomètres pour faire varier la différence de potentiel entre électrodes et celle appliquée au filament.

Comme le potentiomètre était déjà utilisé avec les anciens détecteurs, cohéreurs, détecteurs électrolytiques, etc... et comme Fleming a montré, par sa communication à la Société Royale, en 1905, qu'il en connaissait l'emploi pour déterminer le point sensible de la courbe caractéristique, M. Mayer estime, contrairement aux défendants, que le plaignant avait le droit de se servir avec sa lampe détecteur du potentiomètre bien connu.

La grille de l'Audion. Les circuits Fleming et Audion sont équivalents. — M. Mayer étudie ensuite les différences entre les circuits Fleming et P. N. Audion, de Forest.)

Nous reproduisons ci-dessous les dessins de la Société Marconi, réduisant à la forme la plus simple ces deux circuits.

Waterman donne, dans les termes suivants, l'opinion des plaignants sur le circuit P. N. :

Digitized by Google

L'appareil de Forest est une lampe à incandescence détecteur des oscillations à haute fréquence de télégraphie sans fil et consiste en une lampe à incandescence avec le

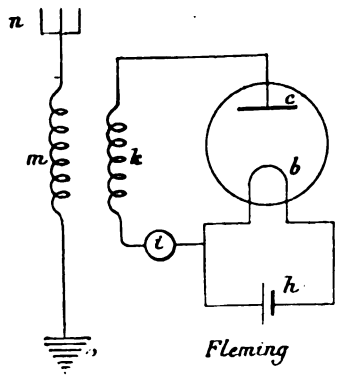


Fig. 1.

haut vide usuel, le filament et l'élément froid qui, dans la construction particulière décrite, est divisé en deux parties : plaque d'une part et, d'autre part, un fil métallique en forme

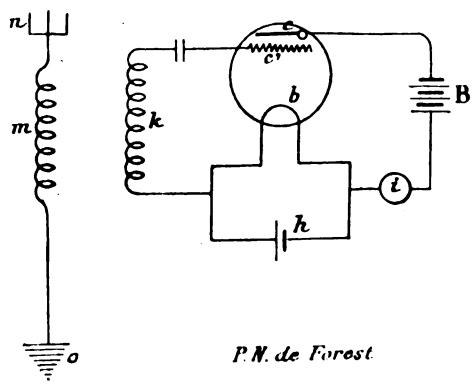


Fig. 2.

de grille placé entre la plaque et le filament. Chacune des parties froides est réunie à un conducteur qui traverse l'ampoule et sert à établir les connexions extérieures.

Dans les dessins des brevets Fleming, la grille n'existe pas mais les explications de Waterman pallient ce fait.

Les deux fonctions essentielles, dit-il, que doit remplir une lampe à incandescence sont de subir une impression par l'effet des ondes et de déceler cette impression. Ces deux fonctions sont exécutées par un circuit particulier qui comprend un transformateur d'oscillations et l'appareil indicateur.

Dans le montage de Forest, deux circuits sont utilisés, et chacun de ces circuits comprend une partie de l'élément froid.

Mais le montage de Forest et celui de Fleming sont deux modèles d'un circuit équivalent.

On peut utiliser l'un ou l'autr montage avec chacun des appareils de Forest et Fleming.

Le juge partage l'opinion de Waterman : de Forest n'emploie pas d'autres moyens que Fleming. Son appareil est aussi un rectificateur ne permettant au courant que de passer dans un seul sens. Les deux circuits de l'Audion ne constituent qu'une division du circuit de Fleming : la partie grille-filament sert à l'impression des oscillations sur le détecteur et la partie plaque filament permet à l'appareil indicateur de déceler l'impression [1].

L'opinion de Waterman est partagée par une trentaine de savants. Pickard n'est pas de leur avis ; il a développé une théorie pour prouver que la batterie locale change le mode d'opération de la lampe qui devient un relais ; mais, malgré certaines expériences bien faites, il n'a pu, au gré de M. Mayer, démontrer suffisamment ce qu'il avançait.

Conclusions du juge. — M. Mayer conclut ainsi :

De Forest a longtemps procédé d'après une théorie différente de celle de Fleming. Ayant lu la communication de son adversaire à la Royal Society, il se livra à des expériences avec la lampe à incandescence. Il douta probablement au début de l'efficacité du système, mais dans un très court espace de temps, peut-être une semaine, peut-être un mois, il changea d'opinion et, découvrant que Fleming avait raison ; après avoir déposé son brevet 824637, il écrivit à son sollicitor que « le nouveau récepteur était meilleur toutefois ». En conséquence, il se servit du terme « la lampe à incandescence » et le 20 octobre 1906, devant l'American Institute of Electrical Engineers, il décrivit dans ses principes fondamentaux la lampe-détecteur Fleming tout en usant d'une « phraséologie qui est devenue depuis, le vocabulaire Audion ».

Infraction au brevet Fleming par de Forest. — Ainsi dans le circuit P. N., c'est le détecteur Fleming et non le brûleur Bunsen qui est employé, et il y a infraction aux brevets Fleming.

Néanmoins de Forest avec son électron Audion à trois électrodes a apporté une contribution de valeur à la science.

Jugement. — M. Mayer rend ainsi son arrêt :

Les revendications 1 et 37 du brevet de Fleming sont valides. Les défendants ont commis une infraction à ces revendications. Leur plainte reconventionnelle est rejetée. Comme « il n'y a pas d'évidence contre de Forest individuellement, il est mis hors cause »

Appel. — Le jugement prévoyait que si la Compagnie condamnée interjetait appel, elle devait donner en garantie une somme raisonnable et faire des comptes rendus de ses ventes. La Radio de Forest Telephone and Telegraph C° a interjeté appel.

J. de Prez-Crassier.

[1] Comme dans l'appareil de Fleming, l électrode chaude doit être reliée au pôle négatif de la batterie locale.

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

1re Année. — Tome I. — N° 8. — 24 Février 1917.

Chronique. — Le Comité électrotechnique français et l'unification industrielle. — Unification ou normalisation? — La réquisition du cuivre en France. — Ecole d'enseignement technique féminin. — Annuaire du Syndicat des usines d'électricité. — Electrical Trades Directory and Handbook, p. 281 et 282.

Section scientifique et technique. — Conductibilité de l'air et du mica, par E. Branly, p. 283. — Revues, analyses et informations : Comité électrotechnique français, séance du 31 janvier 1917, p. 285; Société française de physique, séance du 16 février 1917, p. 286; Moteurs à courant alternatif de la British Thomson-Houston, p. 286.

Section industrielle. — Les usines hydro-électriques pour traction installées par la Compagnie des chemins de fer du Midi, par C. Camichel, M. Eydoux et J. Lhériaud, p. 287. — Unification des isolateurs de ligne, par R.-V. Picou, p. 301. — Rapport de la Commission d'unification des isolateurs de ligne, p. 306. — Revues, analyses et informations : L'électricité comme moyen d'utilisation rationnelle des combustibles, p. 308.

Section économique et financière. — L'outillage industriel, par R. Legouez, p. 309. — Assemblées générales : Compagnie générale du gaz pour la France et l'étranger; Compagnie électromécanique, p. 315 et 316. — Revues, analyses et informations : Le développement de l'industrie danoise, p. 316.

Section de législation. — La réglementation des salaires pour les fabrications de guerre, par F. P., p. 317.

Le Comité électrotechnique français et l'unification industrielle. — Dans un article publié dans *La Revue électrique* du 6 octobre 1916, t. XXVI, p. 222-223, M. R.-V. Picou, président du Comité électrotechnique français, après avoir rappelé que la France avait été l'initiatrice des grandes unifications en créant le « système métrique décimal des poids, mesures et monnaies », constatait, non sans regret, qu'elle s'était largement laissé devancer par les nations étrangères dans l'application des principes de l'unification au domaine industriel. Il déplorait, comme nous l'avions fait nous-même quelques mois auparavant (1), qu'il n'existât pas en France une organisation semblable à l'Engineering Standards Committee des Anglais ou au Bureau of Standards des Américains. Il reconnaissait que d'intéressantes tentatives ont été faites en notre pays pour arriver à une unification des cahiers des charges industriels, mais ne pouvait s'empêcher de conclure que, « comme organisation générale, c'est le néant ».

Il demandait, par suite, que l'on s'occupât au plus tôt de créer cette organisation générale « de confier l'étude systématique de l'unification à un groupement unique, Comité électrotechnique français ou autre, mais qui représente l'universalité des intérêts engagés et à qui l'on fasse confiance ».

Cet appel n'a pas été vain. Et comme le Comité électrotechnique français, créé par délégation de tous les organismes français intéressés, se trouvait, par sa constitution, répondre aux conditions énoncées, c'est à lui que fut attribuée la tâche de l'unification dans le domaine de l'Électricité.

Mais, pour atteindre ce but, il fallait que les Sociétés techniques et savantes, dont il est l'émanation, élargissent quelque peu ses attributions. C'est aujourd'hui chose faite : à l'unanimité, les Sociétés représentées au Comité électrotechnique ont ajouté le texte suivant à l'article premier de ses Statuts :

> Il est également chargé de préparer les textes propres à obtenir en France l'unification des spécifications des différentes parties du matériel électrique ainsi que des méthodes d'essai. Ces textes seront soumis à la ratification des Sociétés adhérentes et publiés ensuite par les soins du Comité.

Cette modification a été adoptée par le Comité dans sa séance du 31 janvier dont on trouvera plus loin, p. 285, le compte rendu sommaire.

A ce propos il convient d'ajouter que ce compte rendu n'a aucun caractère officiel et ne saurait être regardé comme le procès-verbal de la séance, lequel ne pourra être publié qu'après qu'il aura été approuvé par le Comité dans sa séance ultérieure. Comme il s'écoule souvent un temps assez long entre deux séances consécutives du Comité, il a paru, à divers membres du Comité, dont le président, qu'il y avait intérêt à publier plus rapidement quelques notes succintes relatant les sujets traités en séances. Ce sont ces notes, d'un caractère tout à fait officieux, qui sont reproduites ici.

Nous ne manquerons pas, d'ailleurs, de publier en en temps opportun tous les textes que le Comité aura

(1) J. Blondin : L'Engineering Standards Committee. *La Revue électrique*, t. XXIV, 19 novembre 1915, p. 289-291 et 313-316; *Bulletin de la Société internationale des électriciens*, février 1916, t. VI (3e série), p. 54-58 et 71-75.

Digitized by Google

sanctionnés. De la sorte, nos lecteurs se trouveront tenus au courant, officieusement, puis officiellement, des travaux du Comité électrotechnique français.

Unification ou normalisation? — Dans la note ci-dessus, aussi bien que dans la reproduction que nous donnons pages 301-306 d'une conférence de M. R.-V. Picou sur les isolateurs le mot « unification » a été adopté pour traduire le mot anglais « standardisation ».

Ce dernier, qui vient du vieux français « estandard », a reçu dans les pays de langue anglaise de multiples acceptions : tandis que, dans le langage courant, il se rapporte à un drapeau ou une bannière, dans le langage technique il est employé pour désigner le titre d'un alliage d'or ou d'argent, un modèle, un type, un étalon, etc. Aussi sa traduction en français est-elle des plus délicates et doit varier suivant le sujet envisagé.

Il y a une vingtaine d'années, alors qu'il était peu question en France de « standardisation », nous avions adopté le terme « uniformisation » lorsqu'il s'agissait de règlements relatifs à la rédaction de cahiers des charges.

Ces règlements n'ont pas en effet pour but de réaliser un cahier des charges unique, mais de faire en sorte que sur les points principaux les cahiers des charges ne soient pas en contradiction ; « uniformisation » nous paraissait donc préférable à « unification ». Pour les mêmes raisons la « standardisation » des appareils et des machines nous semblait plutôt être une « uniformisation » qu'une « unification ».

C'est ce dernier mot toutefois qui a prévalu. Nous n'y verrions aucun inconvénient s'il n'éveillait l'idée d'un type « unique ». Aussi croyons-nous utile de proposer une autre traduction, suggérée par l'éminent président de notre Comité de Rédaction, M. Blondel, qui propose « normalisation ». Le mot est bien français et il est précisément employé dans notre langue pour évoquer l'idée du mot standardisation dans les cas qui nous occupent : ne disons-nous pas, en effet, école normale, enseignement normal pour indiquer que cette école ou cet enseignement doit servir de règle ou de modèle.

Nous posons donc aux intéressés la question : Ne devons-nous pas traduire « standardisation » par « normalisation » ? A nos lecteurs de nous répondre.

La réquisition du cuivre en France. — Le ministre des Munitions a déposé le vendredi 16 février, sur le bureau de la Chambre, un projet de loi aux termes duquel seront réquisitionnés les stocks de cuivre supérieurs à 400 ou 500 kg, ainsi que les déchets ou matières inutilisées du même métal. Cette mesure semble avoir surtout pour but de découvrir les stocks dissimulés du métal rouge de plus en plus recherché et dont les prix tendent toujours à s'élever malgré les mesures prises en Angleterre pour contrôler le marché du cuivre et limiter la spéculation, ainsi que nous l'avions signalé dans notre n° 5. Nous tiendrons, d'ailleurs, nos lecteurs au courant de la suite qui sera donnée à ce projet.

Ecole d'enseignement technique féminin. — Cette nouvelle école, sise 20 rue Pergolèse et dont nous avons signalé le programme dans le numéro du 13 janvier, p. 41, a été inaugurée le jeudi 2 février.

M. Legouez, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, membre de la Chambre de Commerce, qui présidait la séance d'inauguration, a, dans une allocution aussi intéressante que documentée, exposé l'utilité que présente cette organisation nouvelle tant pour les jeunes filles désireuses de se diriger vers les carrières industrielles, que pour les directeurs de grandes entreprises.

M. Dumont, ancien président de la Société des ingénieurs civils, a dit ensuite, en quelques phrases pleines de netteté et de conviction, que la voie ainsi ouverte aux femmes, convient tout particulièrement à leurs aptitudes et qu'elles peuvent, dès maintenant, s'y engager avec confiance.

Annuaire du Syndicat des usines d'électricité. — L'Annuaire de 1916 vient de paraître. Comme dans les annuaires précédents, nous y trouvons la liste des adhérents au Syndicat, celle des documents officiels intéressant les usines électriques publiés depuis l'Annuaire de 1915, celle des rapports, projets et propositions de lois publiés depuis le mois de septembre 1915, le compte rendu de l'assemblée générale ordinaire du 25 septembre 1916, enfin le Livre d'Or du personnel des usines électriques. Le tout forme un volume de 136 pages, format 27 cm × 22 cm.

L'allocution prononcée par le président, M. Bizet, à la dernière assemblée générale et le rapport annuel du secrétaire général, M. E. Fontaine, contiennent des renseignements fort intéressants sur les travaux du Syndicat pendant l'année qui vient de s'écouler et particulièrement sur la part qu'il a prise dans l'étude et la solution des problèmes économiques auxquels a donné lieu la situation actuelle. Dans le Livre d'Or du personnel des usines électriques figurent les noms des morts au champ d'honneur, des morts des suites de blessures ou de maladies contractées sur le front, des blessés sur le champ de bataille, des disparus, enfin les noms de ceux qui ont été l'objet de citations ou de distinctions honorifiques; la liste des morts, blessés et disparus, bien longue, hélas, montre que tous, depuis les ingénieurs jusqu'aux titulaires des plus modestes emplois, ont rempli bravement et noblement leur devoir; la lecture des citations et distinctions honorifiques fait ressortir que les uns comme les autres ont rivalisé de bravoure, de hardiesse et d'intelligence dans l'accomplissement des tâches qui leur étaient confiées.

Electrical Trades'Directory and Handbook for 1916 [1]. — Notre confrère anglais l'« Electrician » prépare une 35e édition pour 1917 de son Annuaire et Manuel de l'industrie électrique.

Cet Annuaire est destiné à rendre les plus grands services aux ingénieurs grâce aux renseignements très complets qu'il donne sur les personnes et sociétés de tous pays qui appartiennent à l'industrie électrique.

Cet Annuaire n'est pas seulement un recueil d'adresses, mais il contient en outre, dans une première partie, une série de renseignements d'une utilité incontestable à toute personne s'occupant d'électricité, qu'il s'agisse de l'ingénieur ou de l'industriel ou de maisons se livrant à l'exportation ou à l'importation, telles que la revue de l'année technique, les prescriptions de sécurité en vigueur dans les différents pays, des tables métriques de conversion, la liste complète des Sociétés anonymes anglaises traitant d'électricité, etc...

[1] Un vol. de 2 000 p., prix 19 fr port non compris ; éditeur : « The Electrician », 1, Salisbury Court, Fleet Street, Londres.

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

Conductibilités de l'air et du mica [1]

Ayant antérieurement étudié la conductibilité d'une mince couche d'air limitée par deux surfaces métalliques, conductibilité qui disparaît sous l'action d'un petit choc, M. Branly a étendu ses recherches à des lames très minces de mica qui, elles aussi, se montrent conductrices sous une force électromotrice égale ou inférieure à 1 v; mais cette conductibilité semble liée à à la présence de petites cellules d'air, car elle se manifeste bien davantage avec les feuilles de mica percées de trous de très faible diamètre, qu'avec les feuilles d'apparence continue. L'auteur ne peut encore donner aucune conclusion, quant à ces dernières, c'est-à-dire, préciser si le passage du courant a lieu par des ouvertures occupées par le gaz seul; il décrit en détail les expériences qu'il a réalisées pour caractériser la conductibilité observée.

Dans une étude du mécanisme de la conductibilité intermittente des récepteurs de la télégraphie sans fil, j'ai eu à essayer la résistance qu'opposaient aux courants des piles de très nombreuses feuilles minces de mica blanc, très transparent. Une épaisseur de ce mica, supérieure à 6 ou 7 millièmes de millimètre, intercalée entre deux disques métalliques, ne se laisse pas traverser par le courant d'une série de 5 à 10 accumulateurs au plomb, mais pour des feuilles plus minces la force électromotrice de la pile a dû être fort abaissée, surtout quand l'épaisseur descend au-dessous de 3 millièmes de millimètre.

Certaines de ces dernières feuilles très minces, vivement éclairées, et soumises à un examen minutieux, après qu'elles ont été reconnues conductrices sous une force électromotrice égale ou inférieure à 1 v, ont laissé voir à leur surface des trous circulaires de diamètre extrêmement faible; je me suis alors demandé si ces trous n'existaient pas avant que le passage du courant ait eu lieu et s'ils n'intervenaient pas en favorisant une transmission qui se produirait sans rupture de la substance.

C'était une suggestion à laquelle j'étais préparé. En effet, j'avais précédemment [2] opéré avec des cellules d'air de 4 mm, 3 mm, 2 mm et même 1 mm de diamètre, ménagées entre deux disques métalliques séparés par des lames de mica perforées et j'avais constaté que les couches gazeuses ainsi emprisonnées étaient susceptibles de devenir progressivement et franchement conductrices. Comme suite à ces expériences, je m'étais proposé de diminuer le diamètre des cellules jusqu'à une faible fraction de millimètre, afin de voir si les petites dimensions du volume gazeux, de la sorte réduit en largeur aussi bien qu'en hauteur, ne favorisaient pas sa conductibilité électrique, en diminuant l'étendue des excursions des molécules. Dans ce but, j'avais percé des trous de 0,5 mm; 0,3 mm; 0,2 mm de diamètre. Leur hauteur était prise généralement inférieure à 4 millièmes de millimètre. Comme, à épaisseurs égales, sous une même force électromotrice, des lames percées de ces très petits trous devenaient beaucoup plus aisément conductrices que des feuilles en apparence continues, il était peut-être naturel d'admettre que, pour des feuilles continues, c'était par des ouvertures occupées par le gaz seul que le passage du courant avait lieu.

En tout cas, quelle que soit l'explication définitive à laquelle on sera conduit, il est utile de préciser par quelques développements les caractères de la conductibilité observée.

Mode d'expérimentation. — On formait un circuit simple qui comprenait: 1° une source électrique; 2° deux disques métalliques entre lesquels est intercalée une feuille mince de mica, soit pleine, soit perforée; 3° un galvanomètre.

Les sources électriques employées ont été: un élément hydro-électrique, zinc, cuivre et sulfates (Daniell, d'environ 1 v) ou zinc, cadmium et sulfates (environ $\frac{1}{3}$ de volt) et une pile thermo-électrique bismuth-argent, de 1 à 10 éléments (la force électromotrice d'un de ces éléments thermo-électriques était 0,004 v dans les conditions de température du fonctionnement habituel des expériences actuelles).

La conductibilité pouvant devenir très forte et se produire très rapidement, des galvanomètres à aimants astatiques eussent été trop délicats; des galvanomètres à cadre mobile, sensibles et robustes, furent d'un emploi commode. Le moins sensible donnait une déviation égale à 1,66 mm pour un dix-millionième d'ampère, sur une règle distante du miroir de 1,20 m; un deuxième était 15 fois plus sensible et un troisième 3 000 fois plus sensible.

L'ensemble des disques et de l'isolant était serré

[1] Note présentée à la séance du 26 décembre 1916 de l'Académie des Sciences de Paris. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CLXIII, p. 943-948.

[2] *Comptes rendus*, 1915, t. CLXI, p. 759; *La Revue électrique*, 7 janvier 1916 t. XXV, p. 19.

Digitized by Google

entre le piston et la plate-forme circulaire d'une presse verticale à gaz comprimé que j'ai décrite en 1912 et 1915. La plate-forme avait quelques millimètres d'épaisseur, elle était en aluminium ou en laiton et par la poussée du gaz elle s'élevait en glissant le long de tiges d'acier cylindroconiques. Une pression compensatrice était exercée de haut en bas par des poids de surcharge de valeurs connues, posés doucement sur la plate-forme pour éviter des chocs et consistant en anneaux d'aluminium, anneaux de laiton, cylindres pleins de laiton. Anneaux et cylindres avaient le même diamètre. Afin qu'ils fussent bien centrés sur l'axe de la pompe, une cavité circulaire de 2 mm à 3 mm de profondeur, de même diamètre que les poids et à fond plat, avait été creusée sur la face supérieure de la plate-forme; on y engageait un premier anneau et on lui superposait les autres à mesure du besoin.

Dans la plupart des opérations, les pressions qui soulevaient le piston de la pompe n'ont pas dépassé 10 cm de mercure, alors que la pression nécessaire pour soulever le poids seul du piston était presque égale à 6 cm de mercure. Un manomètre à bibromure d'éthylène permettait de régler la rapidité de l'action du gaz comprimé suivant un mode que j'ai déjà décrit.

Alors que la conductibilité n'avait pas été obtenue sous une pression assez forte, il suffisait quelquefois pour la déclencher de soulever brusquement une ou plusieurs des masses de la surcharge, ou encore, après avoir soulevé une masse, de la poser de nouveau et alors il était, dans certains cas, avantageux d'effectuer la nouvelle pose en excentrant légèrement le poids. La petite erreur de centrage déterminait, par le mode d'appui du disque métallique inférieur sur son support, un léger déplacement de la lentille convexe contre la surface de la cavité qu'elle remplissait. A ce déplacement correspondait un glissement auquel on pouvait peut-être attribuer la conductibilité observée. De pareils glissements exercent un effet analogue en magnétisme.

Les disques employés étaient ceux des expériences de 1915. Les diamètres ne sont plus seulement que de 32 mm et de 25 mm; pour faciliter l'étude de lames très minces dont on n'avait obtenu qu'une petite largeur par le clivage, les diamètres ont été réduits pour quelques disques à 18 mm, 15 mm, 12 mm et 10 mm et, même avec les petits diamètres, le poli optique avait été obtenu.

Des disques d'un même métal ayant été façonnés avec des échantillons différents, un *numéro d'ordre* gravé sur le bord de chaque disque donnait le moyen de le reconnaître et de le soumettre, s'il y avait lieu, à de nouvelles épreuves. Dans chaque expérience, on spécifiait quel était celui des deux disques qui faisait corps avec la plate-forme, on l'appelait *supérieur*; le disque placé au-dessous, posé sur le piston, était dit *inférieur*,

Voici le détail de quelques observations, choisies pour signaler quelques particularités spéciales. Les particularités indiquées dans ces observations se sont produites fréquemment, plus ou moins accentuées.

I. — *Platine* de 3 mm de diamètre, n° 1, *supérieur*. *Argent* étroit de 12 mm à sa face supérieure, n° 6, *inférieur*. La plate-forme en aluminium, épaisse de 6 mm, est soulevée de 2 mm, alors que le poids condensateur qu'elle supporte est de 1 300 gr.

Le mica, très mince, interposé, a été percé avec une aiguille en acier très fine d'un trou central unique, dont le diamètre est d'environ 0,2 mm.

Après une heure de fermeture du circuit par un élément Daniell (1), il y a une forte déviation, le sens du courant étant tel que l'argent soit positif (relié au pôle positif de l'élément). Si l'on change ensuite le sens du courant pour que l'argent soit négatif, la déviation est nulle, elle redevient encore très forte pour le premier sens; les alternatives se reproduisent à des intervalles de temps quelconques, séparés par des périodes de repos où le circuit est ouvert. Lorsque la forte déviation, correspondant à l'argent positif, a lieu, tantôt elle se produit rapidement, tantôt elle est progressive et augmente par saccades.

Dans beaucoup de cas analogues, la différence entre les deux sens n'était pas aussi absolue; fréquemment aussi, avec des micas d'épaisseur comparable, et pour des conditions de surcharge et de courant qui paraissaient peu différer des précédentes, on n'avait aucune déviation ni dans un sens, ni dans l'autre.

Lorsqu'il y avait déviation, la sensibilité au choc et la sensibilité à l'étincelle de haute fréquence, à distance, étaient toujours constatées.

II. Disque de *platine* de 32 mm de diamètre n° 3, *supérieur*. Disque de *platine* étroit de 12 mm de diamètre à sa face supérieure, n° 12. Entre les deux, un mica percé de six trous de 0,3 mm, dont un central et cinq répartis sur une petite circonférence de 3 mm de rayon autour du trou central. La communication est établie avec dix éléments thermo-électriques; la plate-forme d'aluminium, épaisse de 6 mm, est soulevée de 4 mm par la pression du gaz qui pousse le piston de la pompe. Après 1 h. 30 de communication avec la pile, on donne un petit coup sur le socle de la pompe, une conductibilité presque complète s'établit et elle subsiste encore quand on ne laisse qu'un seul élément thermo-électrique dans le circuit, à peu près aussi forte que si le mica était supprimé.

Avec les mêmes disques et un autre mica très mince, percé comme le précédent, succédant immédiatement au précédent, la conductibilité a eu lieu sans choc.

III. *Or*, de 32 mm de diamètre, n° 2, *supérieur; argent* étroit de 12 mm de diamètre à sa face supérieure, n° 8, *inférieur;* entre les deux est placé un mica percé de trous d'aiguille très fins, un central et les autres en deux rangées circulaires; la communication est établie un soir avec un élément Daniell et laissée telle jusqu'au lendemain matin; il n'y a encore à ce moment aucune déviation, mais un très léger choc sur le socle produit une déviation extrêmement forte, on a aussi une forte déviation avec la pile thermo-électrique, sans pouvoir cependant la qualifier de complète, c'est-à-dire telle que si le mica était supprimé. Une étincelle à distance produit le retour au zéro. On alterne chocs légers et étincelles de haute fréquence, un choc produit la déviation et une étincelle qui suit ramène au zéro.

IV. *Argent* de 32 mm de diamètre, n° 7, *supérieur; argent* étroit de 12 mm de diamètre à sa face supérieure, n° 8,

(1) Dans plusieurs cas, la déviation n'a eu lieu qu'après dix heures ou même vingt-quatre heures.

Digitized by Google

inférieur; entre les deux, un mica mince *sans trous percés*. La communication reste établie pendant deux heures avec la pile thermo-électrique de dix éléments ; la plate-forme d'aluminium épaisse de 6 mm a été élevée de 2 mm et laissée sans surcharge. Un faible choc sur le socle de la pompe établit une conductibilité qu'on peut dire complète et cette conductibilité subsiste avec un seul élément thermo-électrique. Une étincelle à distance ramène au zéro.

V. *Argent* de 32 mm de diamètre, n° 5, *inférieur;* argent étroit de 12 mm de diamètre à sa face externe, n° 6, *supérieur;* mica interposé; *sans trous percés* ni visibles à la vue ordinaire, d'une épaisseur uniforme, inférieure à 3 millièmes de millimètre. La source électrique est d'abord la pile thermo-électrique de dix éléments et il y a d'emblée une notable conductibilité. Avec un seul élément, on a au galvanomètre le moins sensible une déviation 150-98 (sans les disques, la déviation donnée par le courant qui traversait seulement le galvanomètre était 180). Par une étincelle à distance, il y a retour au zéro 98. Le circuit étant laissé fermé, la déviation remonte à 190 [le maximum, c'est-à-dire sans les disques, est 225 (1)]. Par une étincelle à distance, chute à 98; un très faible choc sur le socle fait immédiatement remonter à 225. La plate-forme en aluminium, de 3 mm d'épaisseur, était très légère; elle était soulevée de 2 mm et elle n'était pas chargée.

J'ai cru remarquer, à plusieurs reprises, que des expériences effectuées à l'air libre comme l'ont été celles que j'ai présentées jusqu'ici, dans des conditions expérimentales qui semblaient peu différentes, étaient peut-être influencées par les conditions atmosphériques, aussi eût-il été préférable d'opérer dans une enceinte de verre fermée, sur un gaz sec, maintenu à une température constante. D'autre part, le jeu de la pompe intervenant d'une façon incontestable, il faudrait que la viscosité du fluide qui lubrifie les parois du piston et du corps de pompe fût conservée invariable et afin de mieux assurer que le disque inférieur vienne toujours s'appliquer de la même manière contre le disque supérieur, il y aurait lieu de veiller encore à ce que, à son point de départ, le disque soulevé fût toujours à la même distance du disque de la plate-forme et que la vitesse d'approche des deux disques restât uniforme. Dans les circonstances présentes, il ne m'a pas encore été possible de parvenir à une installation aussi satisfaisante ; d'ailleurs le temps n'est probablement pas encore venu de préciser toutes ces conditions puisque l'élément de régularité le plus essentiel, la constance de l'épaisseur de la lame isolante, en ses différents points de contact avec les disques, n'a pas été habituellement obtenue.

Edouard Branly,
Membre de l'Institut.

Revues, analyses et informations

Comité électrotechnique français.

Séance du 31 janvier 1915.

La séance est ouverte à 14 h. 30 sous la présidence de M. Picou, président du Comité.

Présents : MM. Armagnat, Blondin, Bochet, Boucherot Brylinski, David, Desroziers, Eschwege, Guitard, Janet.

Excusés : MM. Fontaine, Laporte, général Sebert, Soreau.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté.

M. le Président expose les raisons qui ont empêché la réunion du Comité depuis le début de la guerre.

Renouvellement du bureau. — Il y a lieu de procéder au renouvellement du bureau.

M. Soreau, vice-président, entièrement absorbé par des questions qui intéressent la défense nationale, demande à être déchargé de cette fonction. Le Comité ne peut que s'incliner devant ce désir, en exprimant ses regrets à M. Soreau. — Sur la proposition de M. Brylinski, M. Legouëz est proposé pour la vice-présidence ainsi vacante.

A l'unanimité, le bureau sortant est maintenu dans ses fonctions et M. Legouëz nommé vice-président.

Démission. — M. le Président annonce que l'Association normande des propriétaires d'appareils à vapeur a manifesté l'intention de se retirer du Comité. Le Comité exprime l'avis que des démarches soient faites en temps opportun pour faire revenir cette association sur ses intentions.

Admission. — M. le Président communique une lettre du Syndicat professionnel de l'Industrie du Gaz qui demande son admission dans le Comité, et désigne M. Paré comme l'un de ses représentants éventuels. La demande est agréée à l'unanimité.

Correspondance. — Le Bureau central a communiqué les rapports du Secrétaire honoraire, qui ne font guère qu'exposer le ralentissement obligé de l'action de la Commission internationale. — Un seul point nouveau a été soulevé depuis la guerre : c'est celui d'une *Spécification internationale de l'aluminium.* M. le Président a considéré que la France, qui est la patrie de l'aluminium, se devait d'apporter sa contribution à ce travail, malgré les circonstances. Il a demandé aux fabricants français de fournir des échantillons sur lesquels le Laboratoire central a fait les mesures électriques ; les mesures mécaniques et les analyses chimiques sont en cours au Conservatoire des Arts et Métiers et à l'Ecole des Mines. Le Comité approuve cette initiative et vote le crédit provisionnel nécessaire.

Le Comité a reçu du Comité italien quelques exemplaires des « Règles pour la commande et les essais des machines électriques » qu'il a récemment publiées.

Revision des statuts. — M. le Président expose les raisons

(1) La température du bain où plongeaient les soudures chaudes de la pile était croissante.

Digitized by Google

qui ont amené le Comité à reviser ses statuts. — L'absence d'un organisme chargé pour la France de la rédaction des textes d'unification qui empêchait toute concentration des efforts faits dans cette voie ; les efforts faits à l'étranger pour la conquête du marché français ; la nécessité d'y parer en renforçant l'organisation technique de notre industrie, rendaient indispensable la création d'un centre d'unification. Le Comité électrotechnique était tout désigné à condition de donner à ses statuts l'extension nécessaire. De là les textes proposés qui vont être soumis au vote.

Quelques membres ont fait remarquer une contradiction apparente entre le texte nouveau, qui prévoit une ratification des textes par les Sociétés adhérentes, et l'article 4 qui dit que les décisions du Comité sont prises à la majorité.

M. le président expose que les Sociétés adhérentes doivent être tenues au courant des travaux des Comités par leur mandataires ; qu'elles ont ainsi toute facilité d'intervenir dans l'élaboration des textes. Les divergences de vues seront ainsi discutées et, vraisemblablement, réduites avant le vote du Comité. Il doit donc être entendu que la ratification prévue est de pure forme, et que, les textes étant soumis aux Sociétés adhérentes dans leur forme définitive, il leur sera indiqué un délai passé lequel, en l'absence d'objections propres à provoquer un nouvel examen sur un point déterminé, le texte sera publié et mis en vigueur.

Sous le bénéfice de ces observations, les textes proposés sont votés à l'unanimité.

Nombre de délégués. — Par application du texte ainsi voté, le Comité arrête comme suit le nombre des délégués mandataires de chacun des groupements adhérents :

Association amicale des Ingénieurs électriciens	2
Association normande des Propriétaires d'appareils à vapeur	6
Services de contrôles des Associations françaises d'Industriels et de Propriétaires d'appareils à vapeur	
Société d'encouragement pour l'Industrie nationale	2
Société des Ingénieurs civils de France	2
Société française de Physique	2
Société internationale des Electriciens	18
Société technique de l'Industrie du gaz	2
Syndicat professionnel de l'Industrie du gaz	2
Syndicat professionnel des Industries électriques	6
Syndicat professionnel des Usines d'électricité	9

Unification nationale des spécifications du matériel électrique. — M. le président expose que l'unification porte à la fois sur des points de pure fabrication (unification de formes, pièces interchangeables, etc.), qui intéressent surtout les syndicats de fabricants ; et sur des points plus généraux : conditions techniques à remplir, méthodes d'essai, etc., qui intéressent l'universalité des adhérents. La préparation du travail sera un peu différente dans chaque cas ; quelques points particuliers sont déjà en étude dans les syndicats.

Ce qui paraît le plus urgent est de s'occuper des spécifications relatives aux machines, et de l'unification des tensions de distribution et des tensions de transport.

Sur le premier point, MM. Boucherot et Picou prépareront un texte de base de discussion.

M. Armagnat préparera une étude sur la seconde question.

La séance est levée à 16 heures.

Société française de physique

SÉANCE DU 16 FÉVRIER 1917.

Les radiographes se préoccupent beaucoup des radiations secondaires émises par les corps frappés par les rayons X, radiations qui, se diffusant dans toutes les directions, viennent voiler les plaques et masquer les détails fins que l'on cherche. Ils ont cherché à obvier à ce défaut en recouvrant la plaque sensible de grillages en plomb à larges mailles et assez hauts pour absorber les rayons secondaires et ne laisser passer que les rayons directs venant de l'anticathode. Déjà en 1914, à l'exposition de Pâques de la Société française de physique, la maison Gallot et Cie, anciennement Gaiffe, montrait des épreuves radiographiques où une amélioration notable avait été obtenue par l'emploi de grillages de ce genre connus sous le nom de « filtres de Bucky » (1).

A la dernière séance de la Société, M. E. Mazo, jeune radiographe militaire, a présenté un dispositif présentant certains avantages sur celui de Bucky, dont il ignorait d'ailleurs l'existence lorsqu'il commença ses essais. Au lieu de laisser le filtre immobile comme le faisait Bucky, il le déplace lentement sur la plaque ; de cette manière les lames du filtre ne laissent aucune trace sur la radiographie, ce qui permet de mieux voir les images qui s'y fixent. D'autre part, au lieu d'un quadrillage qui, même dans ces conditions, donnerait lieu à des bandes lumineuses et obscures sur la plaque, il emploie un filtre formé de lames de plomb parallèles entre elles et perpendiculaires à la direction de déplacement du filtre. Une note de l'auteur accompagnée d'un dessin, que nous publierons dans un prochain numéro, fera connaître les détails de ce dispositif.

Moteurs à courant alternatif de la British Thomson-Houston (2)

L'enroulement primaire principal du moteur monophasé 10 est relié directement au réseau, indiqué en 11 ; un enroulement primaire ordinaire 12 est disposé sur le moteur et fait un angle de 90° avec l'enroulement principal 10. Les enroulements 10 et 12 sont donc disposés comme ceux d'un moteur diphasé. Un condensateur 13 est monté en série avec l'enroulement auxiliaire 12 et le tout monté aux bornes du réseau 11. Les circuits des deux enrou-

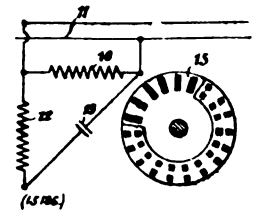


Fig. 1.

lements sont ainsi alimentés par le réseau. La présence du condensateur dans le circuit auxiliaire produit un décalage en avant du courant circulant dans ce circuit ; les deux flux qui résultent des courants primaires ainsi décalés dans l'espace et dans le temps produisent un champ tournant ; les proportions peuvent être établies telles que le moteur fonctionne avec un facteur de puissance égale à l'unité. Le secondaire du moteur 15 porte un enroulement en court-circuit ayant une impédance beaucoup plus grande lorsque le glissement est grand, que lorsqu'il est faible.

(1) *La Revue électrique*, 19 juin 1914, t. XXI, p. 587.
(2) *Brevet anglais n° 15 186*, 27 octobre 1915, 4 fig.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

Les usines hydro-électriques pour traction installées par la Compagnie des chemins de fer du Midi

Cet intéressant article nous transporte dans la région pyrénéenne où la Compagnie des chemins de fer du Midi vient d'entreprendre l'édification de deux importantes usines hydro-électriques destinées à alimenter le réseau de voies ferrées de la région. Ces deux usines présentent des caractères bien différents, quant à leur régime hydraulique. L'usine de Soulom, installée au confluent des vallées de Luz et de Cauterets, utilise les débits naturels du Gave de Cauterets (hauteur nette 250 m) et du Gave de Pau (hauteur nette 113 m); elle est pourvue d'un réservoir-tampon d'une capacité de 22 000 m³ qui lui permet de soutenir, au moins partiellement, les pointes très fortes du réseau de traction. L'usine d'Eget, établie dans la haute vallée de la Neste, mais encore inachevée, a profité d'aménagements antérieurs, réalisés principalement dans la vallée de Couplan pour régulariser le débit d'un certain nombre de rivières, au moyen des réserves constituées par les lacs de la région. Pour les besoins de l'usine, on capte les eaux du lac d'Ourle où un barrage assure une retenue de 6 500 000 m³ et celles du lac d'Orédon, distant de 3 km, pour les amener, par un tunnel commun de 6 km de longueur environ, à la chambre de mise en charge, puis aux turbines sous une chute nette de 710 m. Abstraction faite de l'excitation et des services intérieurs, la station de Soulom comprend 6 turbines de 3 500 ch; celle d'Eget, 7 turbines de 5 000 ch, accouplées à des alternateurs monophasés fournissant du courant à la tension de 6 000 v et à la fréquence de 16, 2/3 p : sec. Tous ces groupes sont indépendants et les alternateurs sont prévus pour le couplage en parallèle des deux usines.

La Compagnie des chemins de fer du Midi ayant décidé d'utiliser sur une grande partie de son réseau pyrénéen et en particulier sur les lignes transpyrénéennes en construction, la traction électrique, a été amenée, pour produire l'énergie nécessaire, à construire des usines hydrauliques utilisant les chutes d'eau des vallées des Pyrénées.

Les auteurs se proposent, dans la présente note, de décrire brièvement les deux premières usines, l'une aujourd'hui terminée, l'usine de Soulom ; l'autre dont la construction à peine entamée a été interrompue par la guerre, l'usine d'Eget.

Ils insistent plus particulièrement sur les dispositifs nouveaux qui ont pu y être introduits, soit en raison des progrès constants de ces sortes d'installations, soit en raison du caractère qu'ont ces usines de desservir un grand réseau ferré d'interêt général.

Caractères généraux des usines de traction. — La nécessité de pouvoir alimenter à toute époque et sans insuffisance le service des trains oblige à concevoir des usines basées sur le débit minimum des cours d'eau et non sur le débit moyen, comme on le fait par exemple pour les usines électrochimiques.

D'autre part, l'extrême irrégularité de la demande d'énergie, encore plus marquée peut-être que dans un réseau de distribution de lumière et due à ce que, en raison des correspondances, les trains sont concentrés à certains moments de la journée, amene à créer soit des usines armées seulement pour le débit minimum possible, ce qui alors causerait un gaspillage énorme d'énergie en dehors des pointes, soit des usines munies de grands bassins d'accumulation d'eau et armées de manière à pouvoir donner, lors des pointes, une puissance égale à deux ou trois fois la puissance moyenne de 24 heures (on est même arrivé, dans les études faites en Suisse pour l'électrification du Gothard, à des chiffres notamment supérieurs).

On conçoit donc l'immense utilité d'un réservoir journalier, pouvant recevoir le débit du cours d'eau pendant une notable partie de la journée pour le rendre aux heures chargées.

Si l'on ne peut pas créer de grands réservoirs journaliers, il sera cependant nécessaire d'avoir de grandes chambres d'eau formant volant, pour parer aux irrégularités momentanées, démarrage des trains, simultanéité d'ascension de courtes rampes par plusieurs trains, etc...

Il en résulte donc, si l'on veut utiliser rationnellement l'eau disponible, une réunion d'installations relativement considérable pour un faible débit moyen.

Par suite, une usine de traction sera toujours une usine coûteuse et dont le prix de revient par cheval de puissance moyenne de 24 heures sera hors de comparaison avec le prix de revient de toute autre usine ; et ce prix de revient élevé a sa source unique dans le mauvais coefficient d'utilisation du matériel.

Il faut en outre remarquer qu'une usine assurant un service public doit être presque à l'abri de toute avarie. Il n'est pas possible d'interrompre le service des trains ;

Digitized by Google

il faut donc que l'usine, qui est à l'origine de tout l'organisme, présente un coefficient de sécurité élevé ; et c'est ce que l'on a cherché à réaliser, au détriment d'une économie pécuniaire qui, en l'espèce, aurait été mal entendue, dans les usines de Soulom et d'Eget.

Que, plus tard, quand le réseau de traction électrique aura été étendu et que la multiplication du nombre des usines sera par elle-même une garantie de sécurité, on puisse diminuer ce coefficient de sécurité, c'est possible et même rationnel ; mais il n'en restera pas moins, pour justifier le coût toujours élevé de ces usines, les irrégularités d'utilisation dont nous avons parlé.

En tout cas, il était nécessaire que les premières usines présentassent, à un haut dégré, toutes les garanties désirables de bon fonctionnement et ce sont ces caractéristiques que nous allons trouver dans la description qui va suivre des usines de Soulom et d'Eget.

I. — USINE DE SOULOM

L'usine de Soulom (fig. 1 et 2), est installée dans la vallée du Gave de Pau, au confluent des vallées de Luz et de Cauterets. Elle utilise les eaux provenant

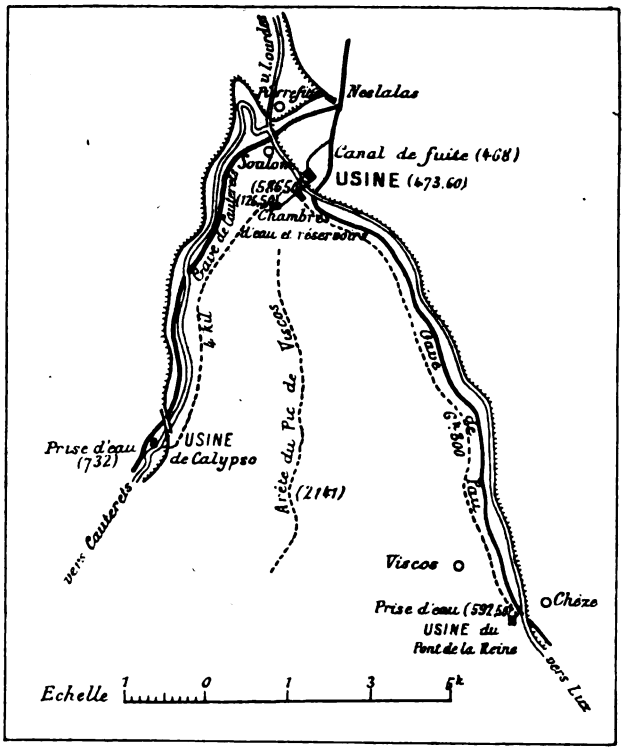


Fig. 1. — Carte d'ensemble de l'usine de Soulom.

de ces deux directions sous deux chutes différentes ; c'est, en somme, la réunion de deux usines dans le même bâtiment.

Chute du Gave de Cauterets. — Le Gave de Cauterets a un débit variant de 1 800 à 2 000 litres en basses eaux, à 14 000 en hautes eaux, avec une moyenne do 4 000 litres. Comme il est nécessaire de laisser en tout temps 300 litres dans la partie du lit où l'eau est dérivée,

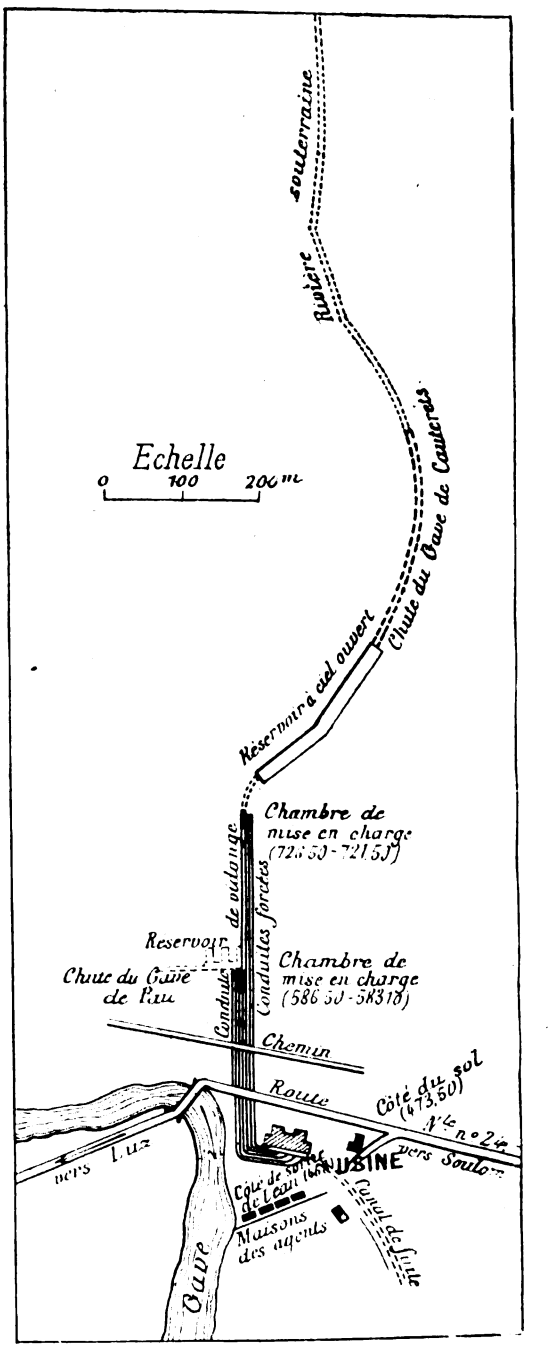


Fig. 2. — Plan indiquant les positions relatives de l'usine de Soulom, des chambres de mise en charge et des conduites forcées.

on a compté, suivant la règle que nous avons indiquée précédemment, sur un débit utilisable de 1 500 litres.

L'eau est prise dans le Gave à la cote 732,00 dans une gorge à très forte pente ; le barrage de surface qui

Digitized by Google

fixe le niveau à la prise a été construit en forme de doucine très allongée de manière à réduire les chances d'affouillement à l'aval.

On trouve, après la prise d'eau qui ne présente aucune particularité notable, des chambres de décantation où l'eau est prise par déversement et passage sur des tôles perforées; ces chambres sont suivies de dispositifs spéciaux dus à la présence d'une autre usine dont on prend les eaux dans le canal de fuite même avant qu'elles soient revenues à la rivière. Cette installation constituant un cas d'espèce sans intérêt d'ensemble, nous nous contentons de la mentionner sans la décrire en détail. Après ces ouvrages, commence le canal d'amenée proprement dit, qui a été établi entièrement en souterrain, revêtu d'un enduit lissé au ciment pour faciliter le mouvement de l'eau et voûté partout où la nature du rocher pouvait faire redouter des éboulements. Cette disposition en souterrain met l'installation à l'abri du gel, des avalanches, etc., en un mot de toutes les causes d'obstruction.

Ce canal, de 1,50 m de largeur, a une pente de 1 mm par mètre. Il peut débiter 2 200 litres avec un tirant d'eau de 1 m et 3 100 litres avec un tirant d'eau de 1,50 m.

Après un parcours de 3 km, sa largeur augmente brusquement et devient égale à 4,50 m; la partie supérieure restant alors horizontale, le radier s'abaisse soit peu à peu par la pente de 1 mm, soit par des échelons successifs, et l'on a ainsi un réservoir souterrain de 700 m de longueur, suivi d'un réservoir à ciel ouvert de 300 m de longueur, de 12 mètres de largeur et de 4,50 m. de profondeur moyenne. Ce réservoir lui-même est suivi d'une grande chambre de mise en charge d'où partent les conduites forcées. L'ensemble a une capacité de 22 000 m³ environ représentant, sous la chute de 250 m qui est celle réalisée sur le Gave de Cauterets, une réserve de 19 500 chevaux-heures.

Ce réservoir, placé en tête des conduites forcées et qui permet d'emmagasiner tout le débit prévu pendant près de 4 h et demie, sert à la fois de réservoir journalier et de volant. En réalité, en raison de la nécessité de ne pas arrêter complètement le cours de l'eau en aval, il retiendra la moitié du débit pendant les heures de nuit. Son utilité, d'après ce que nous avons dit en commençant, est considérable.

De la chambre de mise en charge, partent les conduites forcées. Nous signalerons tout d'abord une particularité, commune aux usines de Soulom et d'Egel, et due à ce que l'on a voulu assurer la sécurité maximum en permettant un entretien méthodique des installations. On a constitué des groupes indépendants comprenant chacun une conduite, une turbine, un alternateur et un transformateur. On peut donc, à chaque instant, revoir l'ensemble d'un groupe dans toutes ses parties. Chacun de ces groupes correspond, comme nous le verrons quand nous traiterons de la partie mécanique, à une turbine de 3 500 ch commandant un alternateur de 2 400 kw.

Les conduites forcées sont en tôle d'acier chaudière, caractérisée par les données suivantes: R = 35 à 40 kg — *Al* pour 100 > 30. Elles ont un diamètre intérieur de 810 mm et une épaisseur variant de 7 mm à 20 mm. Elles sont calculées pour pouvoir résister à la pression statique augmentée de 20 pour 100, pour tenir compte des coups de bélier et sont essayées à l'usine de fabrication à la pression normale augmentée de 50 pour 100. Elles peuvent débiter 1 200 l : sec avec une vitesse de 2,25 m.

Construites par la maison Bouchayer et Viallet, de Grenoble, elles sont soudées en tronçons de 18 m de longueur moyenne, ces tronçons eux-mêmes étant assemblés avec des joints à brides et boulons.

Leur longueur est de 530 m environ. Le niveau de l'air dans la chambre de mise en charge peut varier de (726,50) à (721,50), selon le degré de remplissage du réservoir; le plancher de l'usine est à la cote (473,60); d'autre part, les turbines, du type Pelton, dont nous parlerons plus loin, pouvant fonctionner avec hydropneumatisation et le niveau de l'eau dans la chambre d'évacuation des turbines étant à la cote (469,10), on réalise ainsi une chute brute de 256,50 m ou une chute nette de 250 m, pertes de charge dans les conduites déduites; on peut ainsi disposer à l'entrée de chaque turbine d'une puissance moyenne de 3 750 poncelets.

Disons, pour ne plus avoir à y revenir, que les eaux sont ramenées à la rivière, après utilisation, par un canal de fuite commun aux deux chutes, d'une longueur de 600 m, et pouvant débiter au maximum 13 m³ : sec.

Ces conduites présentent quelques particularités intéressantes que nous allons décrire.

Particularités des conduites. — D'abord elles ne comportent aucun joint mobile, ni autre dispositif analogue pour tenir compte de la dilatation. Il existe bien deux joints de réglage avec presse-étoupes, mais ces joints sont destinés seulement à faciliter la mise en place des conduites; ils sont ensuite bloqués à une température convenable et ne fonctionnent plus que comme joints fixes. La dilatation, qui correspond à un allongement ou à un raccourcissement des conduites, et par suite, si l'on empêche cet allongement ou ce raccourcissement, à un effort moléculaire de compression ou de tension dans les tôles dirigé suivant les génératrices de la conduite, est corrigée par la présence de grands massifs d'ancrage entre lesquels la conduite conserve une longueur invariable, ces massifs absorbant l'effort de traction ou de compression.

Nous verrons, à propos de l'usine d'Eget, un perfectionnement nouveau apporté à ce dispositif.

Le deuxième point à signaler est le dispositif spécial destiné à réduire les dégâts en cas de rupture de conduite. Avec les accumulations d'eau considérables constituées par les réservoirs, il fallait éviter, en effet, que, dans ce cas, ces masses d'eau vinssent s'écouler sur l'usine comme une trombe dont les effets destructeurs auraient été incalculables.

Pour cela, on a adopté un dispositif breveté de MM. Bouchayer et Viallet, basé sur le principe des siphons et dont nous avons indiqué le principe dans un

Digitized by Google

article paru dans « La Lumière électrique » du 1er août 1914. Le départ des conduites se fait sous forme de siphon; si, par rupture ou tout autre motif, le débit d'une conduite dépasse, dans une proportion calculée d'avance, le débit maximum admis, le siphon se désamorce et le débit s'arrête (fig. 3).

L'avantage de ce système est de ne comporter aucun organe mécanique d'un fonctionnement incertain au moment du besoin et de n'être basé que sur l'application pure et simple des lois de l'hydraulique.

Enfin, le troisième point, qu'il nous suffira de mentionner, car nous l'avons longuement étudié dans un rapport spécial, est l'application sur toutes les conduites du tube de Venturi pour le jaugeage des débits.

Avant de passer à l'équipement mécanique, nous allons examiner, de la même façon, la deuxième chute qui est celle du Gave de Pau.

Fig. 3. — Vue des siphons automatiques d'arrêt de débit placés sur la chute du Gave de Pau, en cours de montage.

Chute du Gave de Pau. — Le Gave de Pau a un débit variant de 4 700 en basses eaux (c'est celui d'après lequel on a étudié l'usine) à 30 000 l en hautes eaux, avec une moyenne de 10 000 l. Le débit utilisable est de 4 400 l.

L'eau est prise à la cote (592,50).

Un seuil de fixation, formé par un barrage en doucine, mène les eaux, à travers deux séries de grilles, dans deux chambres de décantation successives, d'où elles passent dans le canal d'amenée, en pente de 1 mm par mètre, qui les conduit, après un parcours de 6,300 km, dans la chambre de mise en charge.

Ce canal d'amenée, dont la construction a présenté des difficultés considérables, car il passe à travers de gros éboulis, a été construit suivant les mêmes principes que celui du Gave de Cauterets. Il a une largeur de 2 m et peut débiter 5 000 l avec un tirant d'eau de 1,50 m et 6 000 l avec un tirant d'eau de 1,90 m.

Il aboutit à la chambre de mise en charge; il n'y a pas de réservoir journalier, car, la chute étant plus faible que celle du Gave de Cauterets, il était logique de concentrer les réserves sur la plus haute chute où une même quantité d'eau emmagasinée représente une quantité d'énergie plus considérable. Du reste, la chambre de mise en charge n'est pas dans la roche en place et il aurait été difficile de constituer en ce point de grosses réserves. On s'est borné à une chambre de 2 000 m³ de capacité pour former volant. Elle est constituée par un tunnel à grande section sur lequel s'embranchent à angle droit d'autres tunnels en cul-de-sac de section semblable.

Les conduites forcées qui en partent sont encore au nombre de 3 pour 3 turbines de 3 500 ch actionnant chacune un alternateur de 2 400 kw. D'après le débit du Gave de Pau, deux groupes seulement seront normalement en service, le troisième en réserve; dans ce but, et pour le cas d'arrêt, en période de basses eaux, d'un groupe de la chute de Cauterets, on peut envoyer dans la chambre de mise en charge de Pau, à l'aide d'une conduite de vidange spéciale, une partie des eaux de la chambre de mise en charge de Cauterets.

Digitized by Google

Le niveau moyen dans la chambre de mise en charge est à la cote 584,50. Celui des chambres d'évacuation des turbines, qui fonctionnent par jonvalisation, étant à la cote 468, on réalise ainsi une chute brute de 116,50 m qui se ramène, pertes de charge déduites, à une chute nette de 113,20 m représentant, à l'entrée des turbines, une puissance de 5000 poncelets.

Ces conduites, d'un diamètre intérieur de 1 200 mm, d'une longueur de 330 m, d'une épaisseur variant de 7 à 13 mm, peuvent débiter 3 200 l:sec avec une vitesse de 2,80 m ; elles présentent les mêmes particularités que les conduites du Gave de Cauterets comme calcul et dispositions techniques et donnent lieu aux mêmes remarques. Nous n'y reviendrons donc pas.

Description générale de l'usine proprement dite. — L'usine comprend une salle principale, dite salle des machines, renfermant les turbines, les alternateurs, les dynamos d'excitation et les tableaux de distribution (fig. 4) et les dépendances secondaires telles que : salle des transformateurs (rez-de-chaussée), salle des interrupteurs (1er étage) et deux tours élevées, d'où partent les lignes de distribution du courant à haute tension (fig. 5 et 6).

Chaque chute actionne des turbines de même puissance, groupées séparément et réparties comme suit :

Basse chute : 3 turbines de 3 500 ch ; 2 turbines de 350 ch.

Haute chute : 3 turbines de 3 500 ch ; 2 turbines de 350 ch.

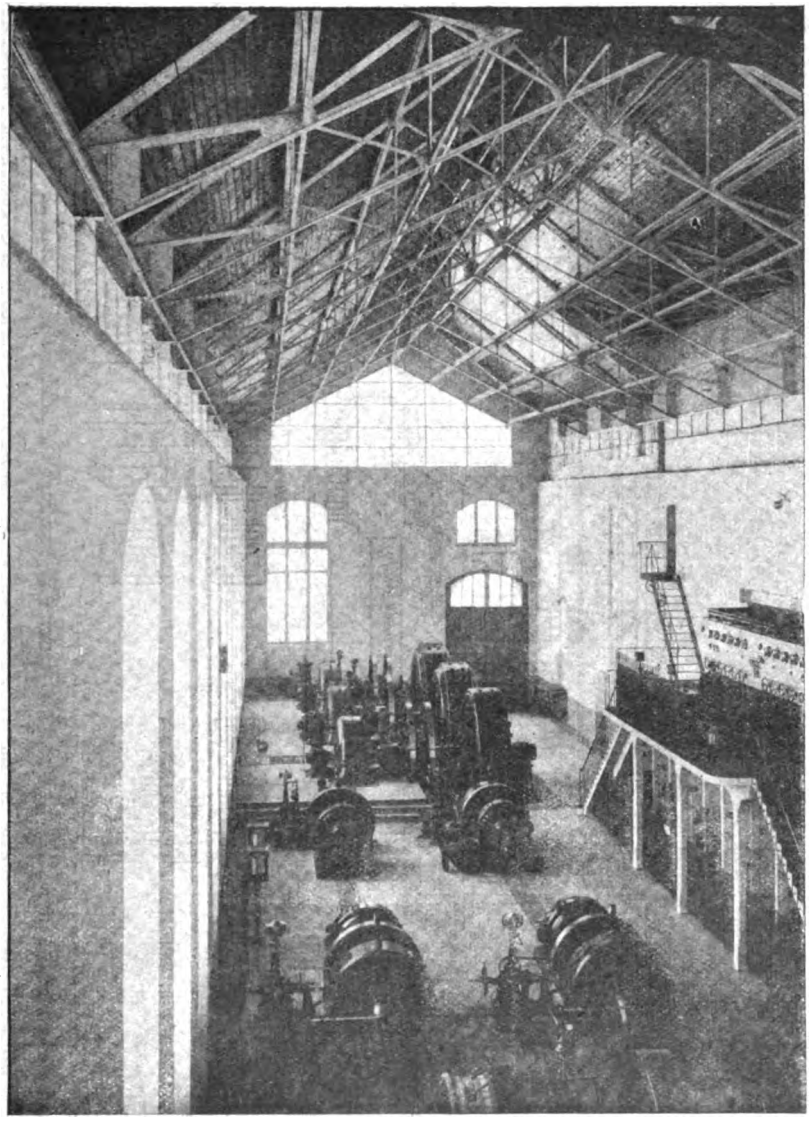


Fig. 4. — Intérieur de la grande salle des machines de l'usine de Soulom, vue vers la chute du Gave de Cauterets.

Les conduites forcées, au nombre de 6, viennent se raccorder au robinet-vanne correspondant à chaque turbine principale.

Les eaux des turbines sont évacuées dans un canal de fuite longeant le bâtiment dans toute sa longueur et établi à 8 m en-dessous du niveau de la salle des machines.

Basse chute. — En dérivation sur chacune des conduites, est branchée une tubulure avec robinet-vanne à main, reliée à un collecteur servant à alimenter les deux turbines secondaires de 350 ch, avec l'une quelconque des trois conduites.

Chacune des turbines de 3 500 ch, fournie par la maison A. et H. Bouvier, de Grenoble, est du type Francis centripète à injection totale et aspiration (fig. 7 et 8). L'arrivée d'eau à la capote se fait par un robinet-vanne manœuvrable à main et la distribution rationnelle de l'eau sur la roue mobile est assurée par un régulateur de vitesse. En cas de fermeture brusque du vannage par le régulateur de vitesse, un régulateur de pression découvre au moment voulu un orifice d'échappement d'eau, branché en dérivation sur le tuyau d'introduction à la turbine, et le referme suffisamment lentement pour éviter les surpressions.

Le mouvement de rotation est transmis à un alternateur (fourni par la Société Française Thomson-Houston) accouplé rigidement à la turbine. L'accouplement forme volant et assure la régularité de marche : la vitesse est de 500 t:min.

Digitized by Google

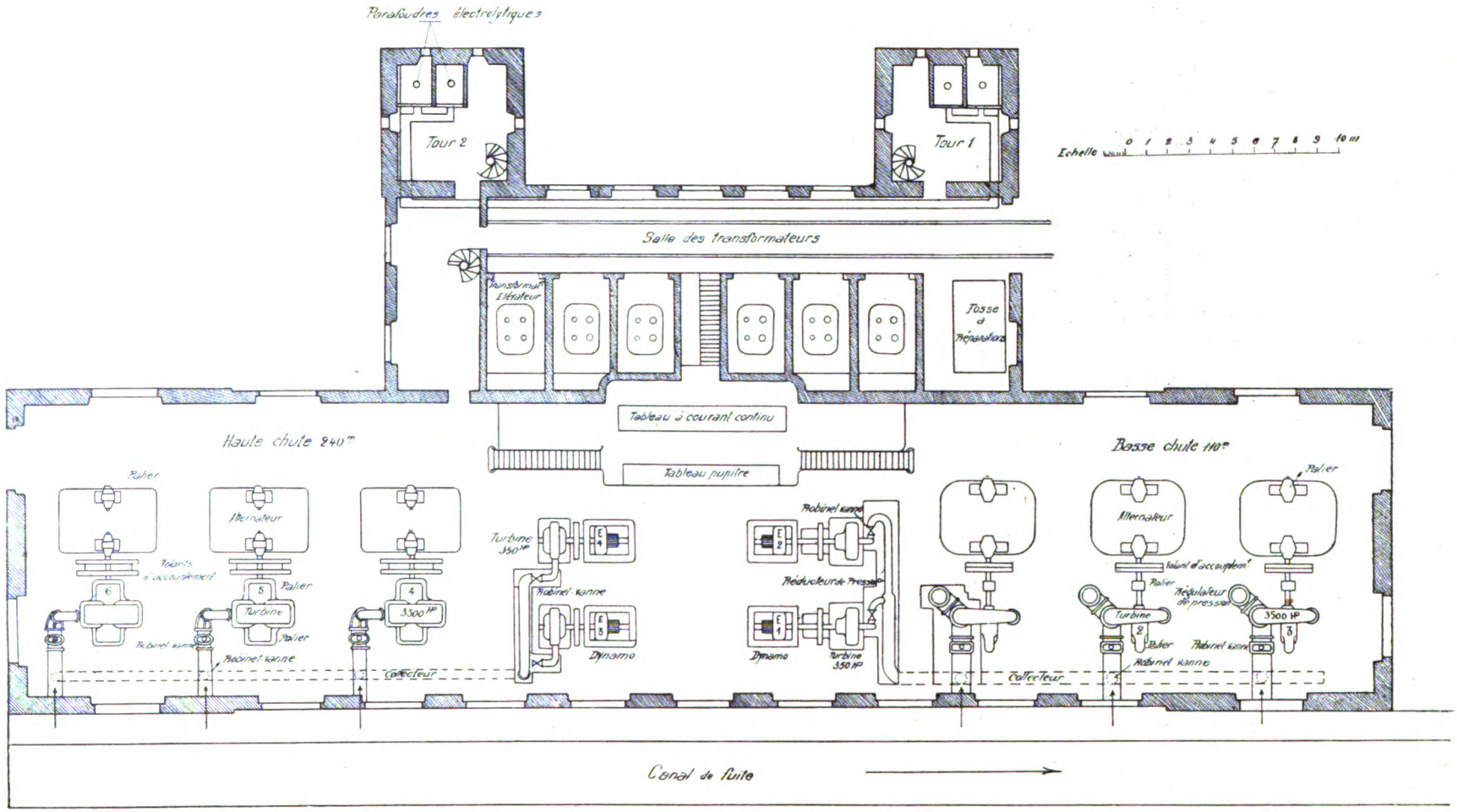
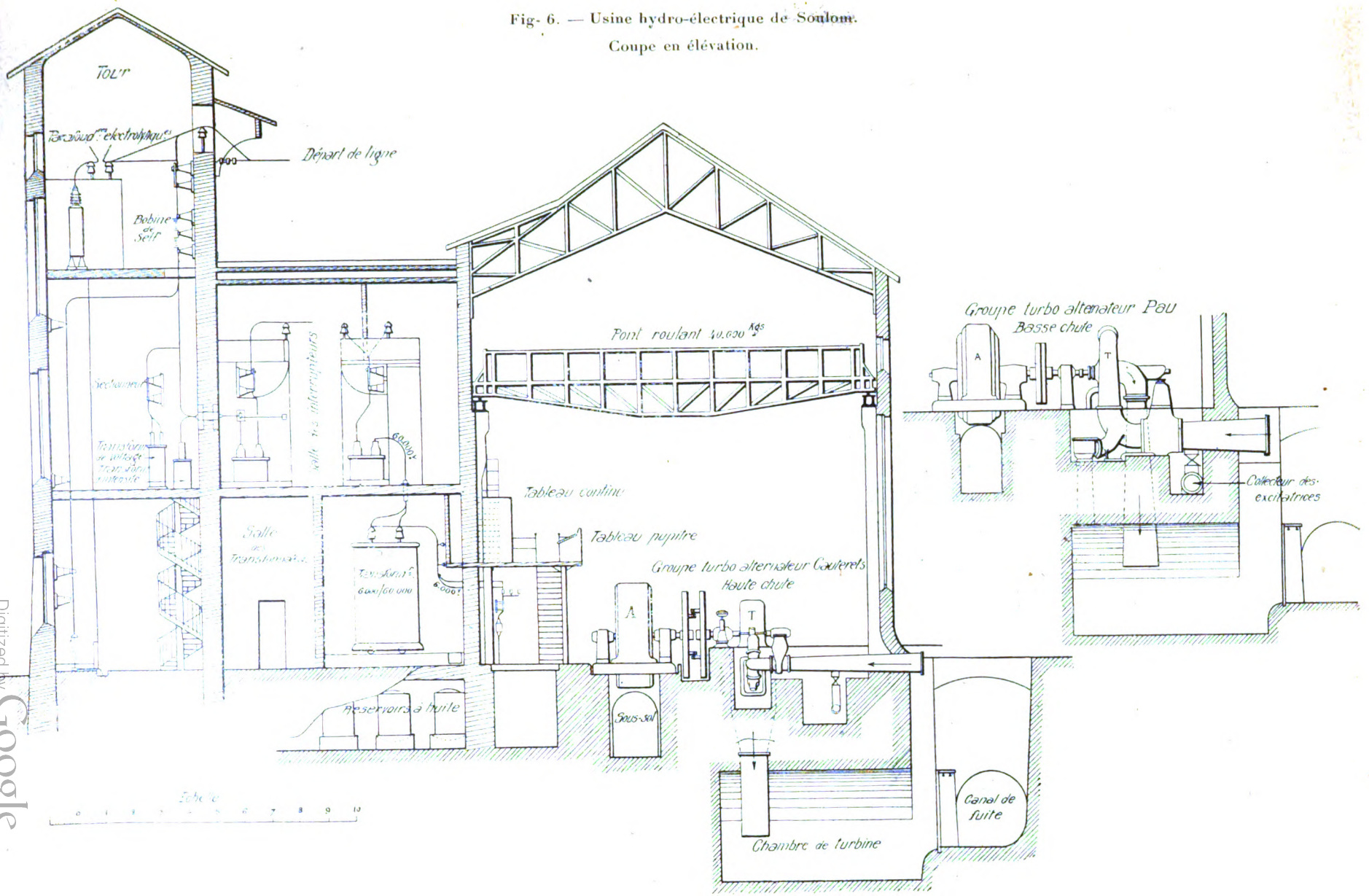


Fig. 5. — Usine hydro-électrique de Soulom. Vue en plan,

Digitized by Google

Fig. 6. — Usine hydro-électrique de Soulom.

Coupe en élévation.



Digitized by Google

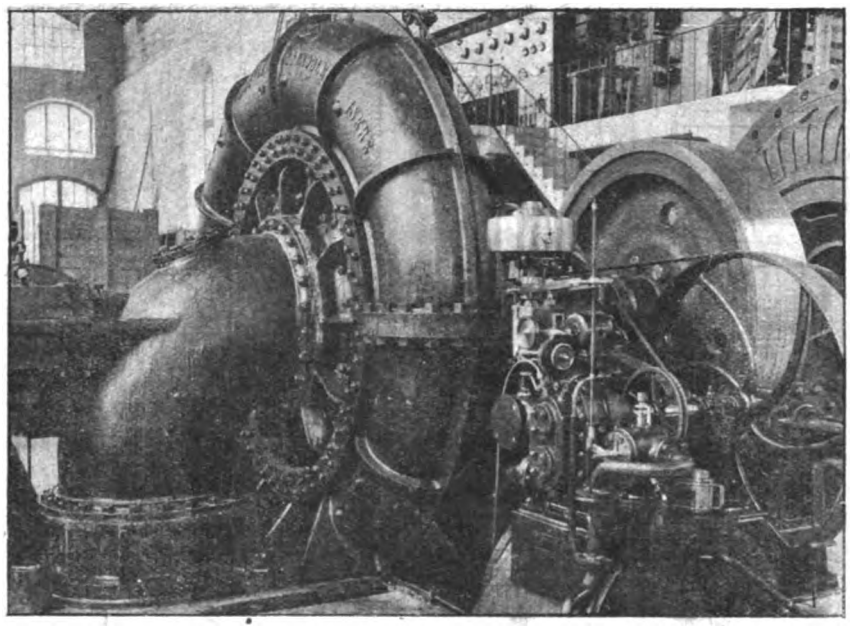


Fig. 7. — Vue d'une turbine de la chute du Gave de Pau avec son régulateur.

L'alternateur d'une puissance effective de 2 400 kw fournit du courant monophasé à 6 000 v, à la fréquence de 16 2/3 p : sec : il est à pôles-inducteurs tournants, à pôles encastrés.

L'arbre de la turbine et celui de l'alternateur reposent, chacun, sur deux paliers graisseurs, munis d'une circulation d'eau, pour en assurer le refroidissement.

L'eau nécessaire aux deux turbines de 350 ch, prise sur une tuyauterie unique est admise au distributeur par un robinet-vanne manœuvrable à la main. L'ouverture du distributeur est rendue automatique par un régulateur de vitesse à huile. La turbine est du type Girard centrifuge à injection partielle ; elle tourne à la vitesse de 600 t : min et entraine, par un accouplement élastique, une dynamo à courant continu. La dynamo, construite par la Compagnie électromécanique du Bourget, fournit du courant continu à 125 v, destiné à l'alimentation des services auxiliaires et à l'excitation des alternateurs.

Haute chute. — Une disposition identique à celle de la basse chute est adoptée pour l'arrivée d'eau aux trois turbines principales et aux deux turbines secondaires. La fourniture des 5 unités a été faite par la maison Neyret-Brenier de Grenoble (fig. 9). Chaque turbine de 3 500 ch est du type Pelton, à deux injecteurs et aspiration. L'arrivée d'eau se fait par un robinet-vanne automatique mû par l'eau de la chute. L'eau est lancée sur la roue mobile par deux injecteurs commandés par un régulateur de vitesse à pression d'huile. L'arbre repose sur deux paliers graisseurs et entraine, par un accouplement élastique à corde, un alternateur construit par la Société alsacienne de constructions mécaniques. L'accouplement est formé par deux volants à bras calés en porte-à-faux, l'un sur l'arbre de la turbine, l'autre sur celui de l'alternateur, et forme volant d'équilibrage. La vitesse est de 330 t : min. L'alternateur d'une puissance de 2 400 kw fournit du courant monophasé à 6 000 v, à la fréquence de 16 2/3 p : sec ; il est à 6 pôles-inducteurs tournants à pôles saillants. L'arbre repose sur deux paliers graisseurs, munis de circulation d'eau pour en assurer le refroidissement.

Les alternateurs des deux chutes ont été réalisés pour se coupler en parallèle.

Branchées en dérivation sur le collecteur, deux tubulures, munies de robinets-vannes manœuvrables à la main, introduisent l'eau aux turbines de 350 ch. Du type Pelton, à libre déviation, la roue mobile reçoit l'eau sous pression d'un seul injecteur. La régulation en est assurée par un régulateur de vitesse à eau utilisant l'eau des conduites préalablement filtrée. Elle entraîne par un

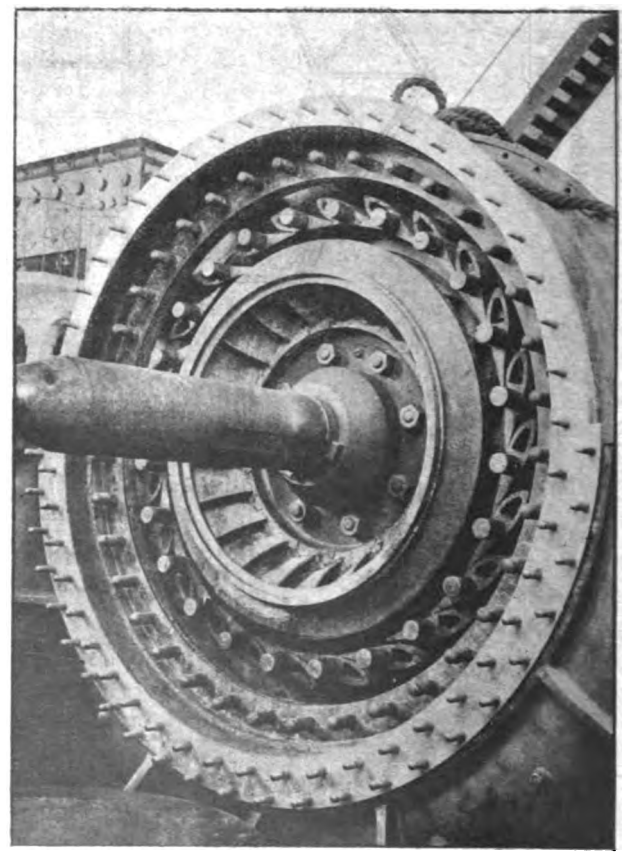


Fig. 8. — Vue intérieure de la turbine précédente.

Digitized by Google

accouplement élastique à corde une dynamo à courant continu 125 v fournie aussi par la Compagnie électromécanique du Bourget.

Réduction de pression. — L'eau nécessaire au refroidissement des divers paliers, aux transformateurs, aux parafoudres hydrauliques, est prise à deux détendeurs de pression, branchés chacun en dérivation sur le collecteur d'alimentation des excitatrices correspondant à l'une ou l'autre des deux chutes.

Distribution (fig. — 10). Le courant fourni par les 4 dynamos à courant continu 125 v est conduit, par des canalisations en barres d'aluminium, à un tableau de distribution placé en élévation sur une estrade dominant la salle des machines. Ce tableau, fourni par la Compagnie électromécanique du Bourget, assure la répartition du courant continu entre les divers circuits d'excitation des alternateurs et des services auxiliaires. Sur cette même estrade, un tableau principal, type pupitre, fourni par la Compagnie Thomson-Houston, reçoit par des circuits secondaires du courant continu à 125 v. De ce tableau s'opère par des commandes électriques la manœuvre à distance des interrupteurs d'excitation des rhéostats de champ, des alternateurs, des interrupteurs haute tension à 60 000 v. etc., etc. Des lampes de couleurs variées permettent de se rendre compte du fonctionnement des divers appareils.

Le courant alternatif, au voltage de 6 000 v, est pris aux bornes des alternateurs par six circuits distincts formés de barres d'aluminium, placées à l'abri du personnel dans le sous-sol de la salle principale des machines. Chacun de ces circuits aboutit à un transformateur élévateur, dont le rapport est 6000/60 000 v, placé dans une salle contiguë. Le transformateur est à bain d'huile et refroidi par un serpentin de circulation d'eau placé à sa partie supérieure.

Une canalisation d'huile relie les cuves des transformateurs à un grand réservoir placé dans le sous-sol. L'huile est puisée automatiquement au moment voulu en la faisant passer par un filtre presse qui lui enlève ses impuretés. Elle est refoulée, le moment venu, par un groupe moteur-pompe dans les cuves des divers appareils. Des canalisations spéciales à l'huile relient en effet les cuves des transformateurs de lecture et des interrupteurs haute tension à rupture dans l'huile, au même réservoir du sous-sol que les cuves des transformateurs 60 000 v.

Le courant à 60 000 v est envoyé du transformateur élévateur sur les barres omnibus 60 000 v, placées dans la salle dite des interrupteurs au-dessus de la salle des transformateurs par des canalisations en tubes de cuivre et à travers un interrupteur haute tension à rupture dans l'huile dont la manœuvre se fait électriquement depuis le tableau pupitre. Le couplage en parallèle des alternateurs sur les barres collectrices s'effectue après la fermeture de l'interrupteur à 60 000 v correspondant à chaque groupe.

Deux interrupteurs généraux situés aux deux extrémités des barres omnibus 60 000 v envoient le courant dans deux tours où sont intercalés sur les circuits les transformateurs de lecture (intensité et tension), les bobines de self-induction, les parafoudres à cornes, et les déchargeurs hydrauliques. De la partie supérieure de ces tours partent deux lignes formées de conducteurs en câbles d'aluminium et qui distribuent le courant aux sous-stations de transformation.

Ces sous-stations sont chargées d'abaisser la tension du courant de 60 000 à 12 000 v. Elles distribuent ensuite ce courant à 12 000 v sur les lignes caténaires

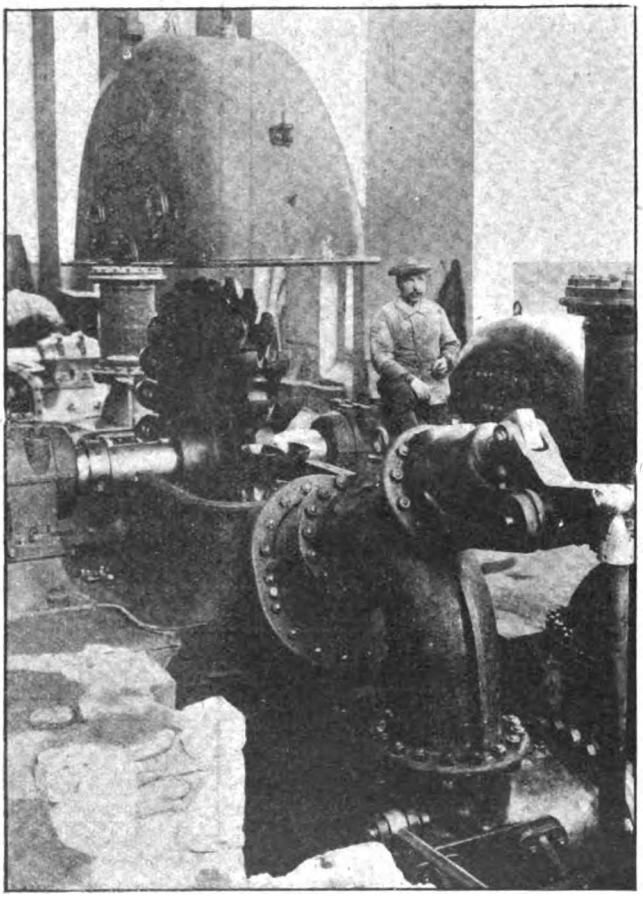


Fig. 9. — Vue d'une turbine du Gave de Cauterets, en cours de montage.

de contact où les archets des locomotives électriques pourront le capter (1).

Dispositions particulières. — Ainsi qu'il a été dit plus haut, on peut rendre complètement indépendant du reste de l'installation, l'ensemble générateur formé par une conduite, la turbine, l'alternateur et le transformateur correspondants.

Les groupes d'appareils correspondant à la même chute composent une demi-usine, dont les trois princi-

(1) Pour la description de ces lignes voir : Essai de traction électrique par locomotives monophasées sur le réseau du Midi: *La Revue électrique*, 12 mai 1911, t. xv, p. 429-439.

Digitized by Google

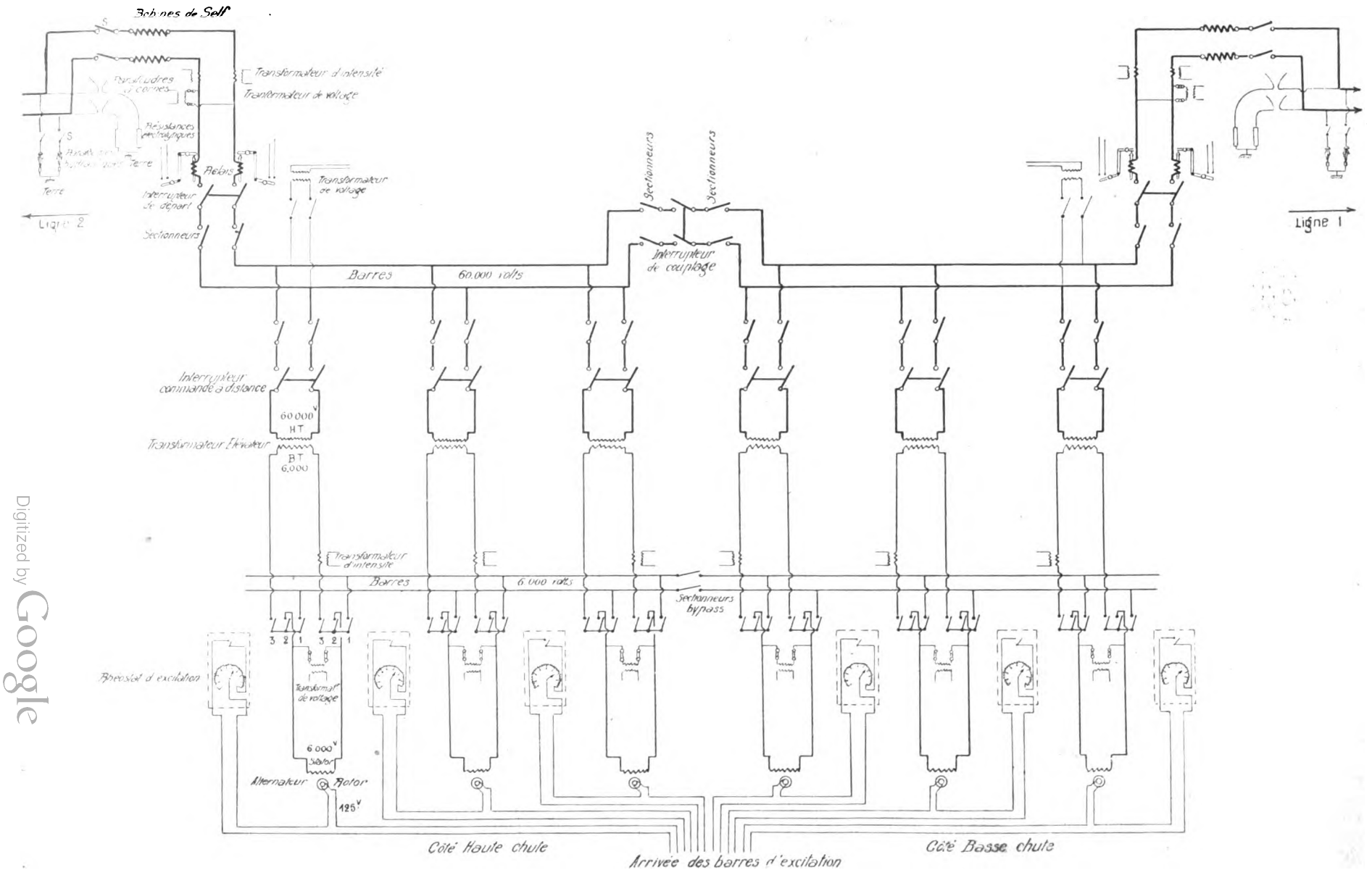


Fig. 10. — Usine de Soulom. Schéma de distribution.

Digitized by Google

paux groupes électrogènes peuvent être couplés en parallèle sur les barres à haute tension 60 000 v qui leur correspondent.

Le couplage s'opère à l'aide du synchronoscope rotatif, placé sur le tableau pupitre et que l'on branche au moment voulu au moyen de fiches sur les génératrices à coupler. Le régulateur de vitesse de chacune des turbines à mettre en parallèle est actionné, en vue d'accélérer ou de retarder sa vitesse, en agissant sur la commande électrique, à partir du tableau.

Les deux demi-usines constituées sur l'une et l'autre chute peuvent également être mises en parallèle.

A cet effet, les deux jeux de barres collectrices à 60 000 v correspondant à chacune des chutes aboutissent aux bornes d'un interrupteur à haute tension dit de couplage qui les réunit au besoin. La manœuvre de cet interrupteur peut également s'effectuer depuis le tableau en vue de parer aux immobilisations d'appareils appartenant à des ensembles générateurs différents ; des combinaisons diverses peuvent aussi être effectuées à l'aide des barres à 6 000 v, placées au-dessous de l'estrade dans la salle des machines.

A cet effet, le courant à 6 000 v, produit par le stator d'un alternateur, aboutit par les barres en aluminium à des jeux de sectionneurs, permettant de l'envoyer soit directement au transformateur correspondant, soit un jeu de barres omnibus à 6 000 v, d'où il pourra être renvoyé sur l'un quelconque des transformateurs élévateurs (haute ou basse chute).

En cas d'appel exagéré du courant (court-circuit, etc.), des relais permettent d'isoler du circuit extérieur, soit l'alternateur qui fournit trop de courant en ouvrant l'interrupteur à haute tension correspondant, soit de cesser tout envoi de courant sur les lignes extérieures si les interrupteurs de départ déclanchent eux-mêmes.

Des transformateurs d'intensité et de tension sont installés dans chacune des tourelles.

Parafoudres. — Les bobines de self-induction, installées sur les canalisations conduisant aux machines, s'opposent au passage des décharges violentes de la foudre, tandis qu'une canalisation dérivée offre un chemin plus propice à l'écoulement de cette électricité atmosphérique par les cornes des parafoudres électrolytiques.

Ces parafoudres électrolytiques, montés en série avec un système de cornes, sont constitués par des cônes d'aluminium renversés placés les uns au-dessus des autres, et contenant un électrolyte approprié. Une série de ces cônes constituant une colonne de parafoudres est placée dans un réservoir cylindrique contenant de l'huile pour assurer un bon isolement entre les cônes et empêcher l'évaporation de l'électrolyte.

Après une rapide opération préliminaire, dite de charge, qui consiste à rapprocher le système de cornes explosives placées en série avec le parafoudre, le courant alternatif de l'usine elle-même passant d'un cône à l'autre fait déposer une pellicule d'hydroxyde d'alumine sur les plaques d'aluminium.

Cette pellicule possède les propriétés suivantes :

1° Elle s'oppose au passage du courant tout autant que la tension à laquelle elle est soumise entre ses deux faces est inférieure à 340 v environ. Au-dessus de cette tension le courant qui la traverse n'est limité que par la résistance intérieure de l'électrolyte.

2° Cette pellicule, placée entre l'aluminium et l'électrolyte, constitue un condensateur qui facilite beaucoup l'écoulement des décharges à hautes fréquences.

La pellicule se dissolvant partiellement à la longue dans l'électrolyte et la quantité de courant nécessaire pour la reformer étant d'autant moins importante que la dissolution a été plus faible, on évite de laisser un parafoudre plus de deux jours sans être rechargé.

Des résistances, dites de charge, prévues pour limiter le premier afflux du courant nécessaire à la charge journalière, ont aussi pour but d'amortir les oscillations naturelles de la ligne qui peuvent se produire soit lors de la charge, soit lors d'une décharge.

Les prises de terre de ces parafoudres sont constituées par quatre tubes de fer de 40 mm de diamètre et de 2 m de longueur enfoncés dans le sol et réunis entre eux par une connexion en cuivre. Autour de chaque tube a été répandu du sel de cuisine.

Déchargeurs hydrauliques. — Nous avons vu que, lors des décharges violentes de la foudre, des arcs éclatent dans l'intervalle d'air réservé entre les cornes placées en série avec les parafoudres électrolytiques, l'électricité s'écoulant à la terre en passant à travers les résistances spéciales formées par les cônes en série et l'électrolyte qu'ils contiennent.

Pour faire écouler à la terre les décharges atmosphériques lentes dont l'accumulation sur les lignes produirait une élévation de tension aussi dangereuse que la foudre, on a branché en dérivation sur chacune des lignes de départ, au rez-de-chaussée des tourelles, des déchargeurs hydrauliques qui peuvent d'ailleurs être retirés du service en ouvrant les sectionneurs correspondants.

Chacune des phases d'une ligne est connectée à une coupelle en laiton renversée, et dont la hauteur au-dessus du sol est réglable. Vers cette coupelle jaillit un jet d'eau issu d'une tubulure conique pourvue d'un robinet de réglage, connectée elle-même à une prise de terre voisine confectionnée comme il est dit plus haut. C'est le jet d'eau qui constitue la résistance réglable de décharge à la terre de l'électricité atmosphérique accumulée sur le câble de ligne correspondant.

Régulateur de tension Tirill. — Le débit d'une usine de traction étant continuellement variable d'un moment à l'autre, selon les demandes des trains, il était de la plus grande importance de prévoir dans l'installation des dispositifs spéciaux permettant d'assurer, malgré les énormes variations rapides de débit, une tension aussi régulière que possible.

En outre des régulateurs de vitesse installés sur les turbines en vue de limiter les variations de la vitesse de rotation des groupes électrogènes, et de rapprocher toujours cette vitesse de sa valeur moyenne, il a été installé un régulateur de tension Tirill destiné à maintenir

Digitized by Google

automatiquement la tension à la valeur désirée au départ de l'usine, de chacune des lignes de transport de force à 60 000 v.

Les moyens de réglage de ce régulateur portent sur le circuit inducteur des alternateurs, en agissant sur le courant d'excitation des excitatrices elles-mêmes. Le réglage du courant d'excitation s'opère par des oscillations répétées des organes de rupture, dont l'amplitude et la durée sont très réduites, en vue d'éliminer l'influence retardatrice, qui est inévitable dans l'emploi d'un réglage purement rhéostatique.

Le régulateur Tirill ouvre et ferme rapidement un circuit peu résistant, monté en dérivation sur le rhéostat d'excitation, par une série de mouvements rapides et répétés de 400 fois par minute environ. Il compense toutes les pertes de charge plus rapidement que ne le ferait un réglage progressif, il corrige les effets des changements de vitesse aussi bien que les effets résultant de variations de charge.

Le rhéostat de champ de l'excitatrice, fournissant le courant aux inducteurs des alternateurs à régler, est mis en circuit et en court-circuit par des contacts dits secondaires, commandés par un relais. Ce relais comprend deux bobines formées chacune de deux enroulements. Chacun des enroulements est connecté en série avec l'enroulement correspondant de l'autre bobine et l'ensemble est alimenté par les barres d'excitation de façon que les enroulements agissent différentiellement.

L'alimentation de l'un des enroulements est prise directement sur les barres d'excitation, et le courant n'est lancé dans le deuxième enroulement que par d'autres contacts dits contacts principaux.

Un solénoïde à enroulement à fil fin, connecté par l'intermédiaire d'un transformateur de potentiel aux câbles de départ à régler, est placé en série avec deux enroulements compensateurs réglables alimentés avec le secondaire d'un transformateur d'intensité dont le primaire est en série sur le circuit à régler.

Lors d'une augmentation de débit, la tension tend à baisser, et, le courant dans le solénoïde diminuant, les contacts principaux commandés par lui se referment. Le courant continu envoyé dans le relais supprime l'attraction de ce dernier et les contacts secondaires attirés par un ressort se ferment, mettant en court-circuit le rhéostat de champ de l'excitatrice dont la tension augmente ainsi que celui des alternateurs correspondants. Cette augmentation de tension fait ouvrir à nouveau les contacts principaux.

Lorsque l'on passe de la marche à vide à la marche à pleine charge, la tension de l'excitatrice varie de 65 à 130 v pour maintenir la tension alternative à 60 000 v.

Le réglage de la tension alternative que l'on désire maintenir s'effectue en chargeant ou déchargeant à volonté le contrepoids commandé par le solénoïde.

Les arcs de rupture du rhéostat de champ qui se produisent aux contacts secondaires sont éliminés grâce à des condensateurs en nombre d'autant plus grand que les étincelles sont plus puissantes.

***

En résumé, nous nous trouvons en présence d'une usine pouvant fournir, à la sortie des conduites forcées, une énergie moyenne constante égale à 8 750 poncelets et sur les arbres des turbines 6 600 kw. L'armement lui-même représente une puissance totale de 14 400 kw (excitatrices non comprises), dont 12 000 kw constamment disponibles et 2 400 en réserve. On voit donc que le rapport de l'armement à la puissance moyenne de vingt-quatre heures, réserves non comprises, est de 1,8.

On pourrait s'étonner que, sur la chute de Pau, qui donne une puissance constante de 5 000 poncelets, on ne compte normalement que deux groupes en marche, tandis qu'on en compte trois de même puissance sur la chute de Cauterets dont la puissance constante n'est que de 3 750 poncelets; mais il ne faut pas oublier que c'est sur la chute de Cauterets qu'est situé le grand réservoir qui permet de produire, pendant les heures les plus chargées, une quantité d'énergie beaucoup plus considérable.

Toutes les installations dont nous venons de parler ont été exécutées sous la direction des services techniques de la Compagnie du Midi.

II. — USINE D'EGET

Dans l'usine d'Éget (fig. 11), que nous allons étudier à présent, nous allons trouver un exemple encore plus marqué de l'utilisation des réservoirs, qui sont employés, non seulement pour former volant ou régulariser le débit dans le cours d'une journée, mais aussi pour améliorer le régime pendant l'année.

Cette usine, établie dans la haute Vallée de la Neste d'Aure, qui a son débouché aval à Arreau, dans les Hautes-Pyrénées, a profité en partie d'une situation avantageuse établie bien avant qu'elle fût même projetée, voici dans quelles conditions.

Les nombreuses rivières qui partent en divergeant du plateau de Lannemezan et parmi lesquelles on compte : le Gers, les Baïses, etc... sont à peu près à sec en dehors des périodes de grandes pluies, c'est-à-dire pendant la plus grande partie de l'année. Cette situation étant des plus préjudiciables pour toute la région située sur la rive gauche de la Garonne, on a cherché depuis longtemps à y parer par une dérivation des eaux d'une rivière de haute montagne, la Neste, au moyen d'un canal ayant son origine à Sarrancolin, en aval d'Arreau, et venant alimenter près de leur source les rivières en question.

Mais, pour être vraiment utile, ce canal doit débiter en basses eaux, 7 m^3 : sec; comme il faut laisser à la basse Neste 4 m^3, il était indispensable de pouvoir compter à tout instant sur un débit de la Neste à Sarrancolin, égal à 11 m^3. Or, le débit d'étiage de la Neste, au printemps et dans les grands froids, est notablement inférieur. On a donc été amené à réaliser tout un système de réservoirs recevant les eaux surabondantes lors des grandes pluies ou de la fonte des neiges et les rendant aux époques de faible débit.

Digitized by Google

A part un réservoir de 6 500 000 m³ (lac de Caillaouas) situé dans une vallée éloignée, tous les autres sont concentrés dans une vallée secondaire, dite vallée de Couplan, et aboutissent à un même réservoir, le lac d'Orédon, d'une capacité de 7 090 000 m³, qui commande tout le système. Les réservoirs amont sont ceux de Capdelong (7 000 000 m³), Aumar (1 100 000), Aubert (4 500 000 m³) (fig. 11).

On voit donc que le cours d'eau sur lequel sont établis ces réservoirs est régularisé de façon remarquable en basses eaux et se présente dans les conditions les plus avantageuses pour l'établissement d'une usine, sauf dans le cas de fonctionnement du réservoir de Caillaouas, situé dans une autre vallée; or, les réservoirs étant établis pour alimenter des rivières et non une usine, il y avait là une difficulté assez grande qui est tournée de la façon suivante : dans une vallée à côté on construit actuellement un réservoir de 6 500 000 m³, dit réservoir de l'Oule, qui est placé à l'aval d'un bassin versant de 30 km² et qui sera destiné à parer aux insuf-

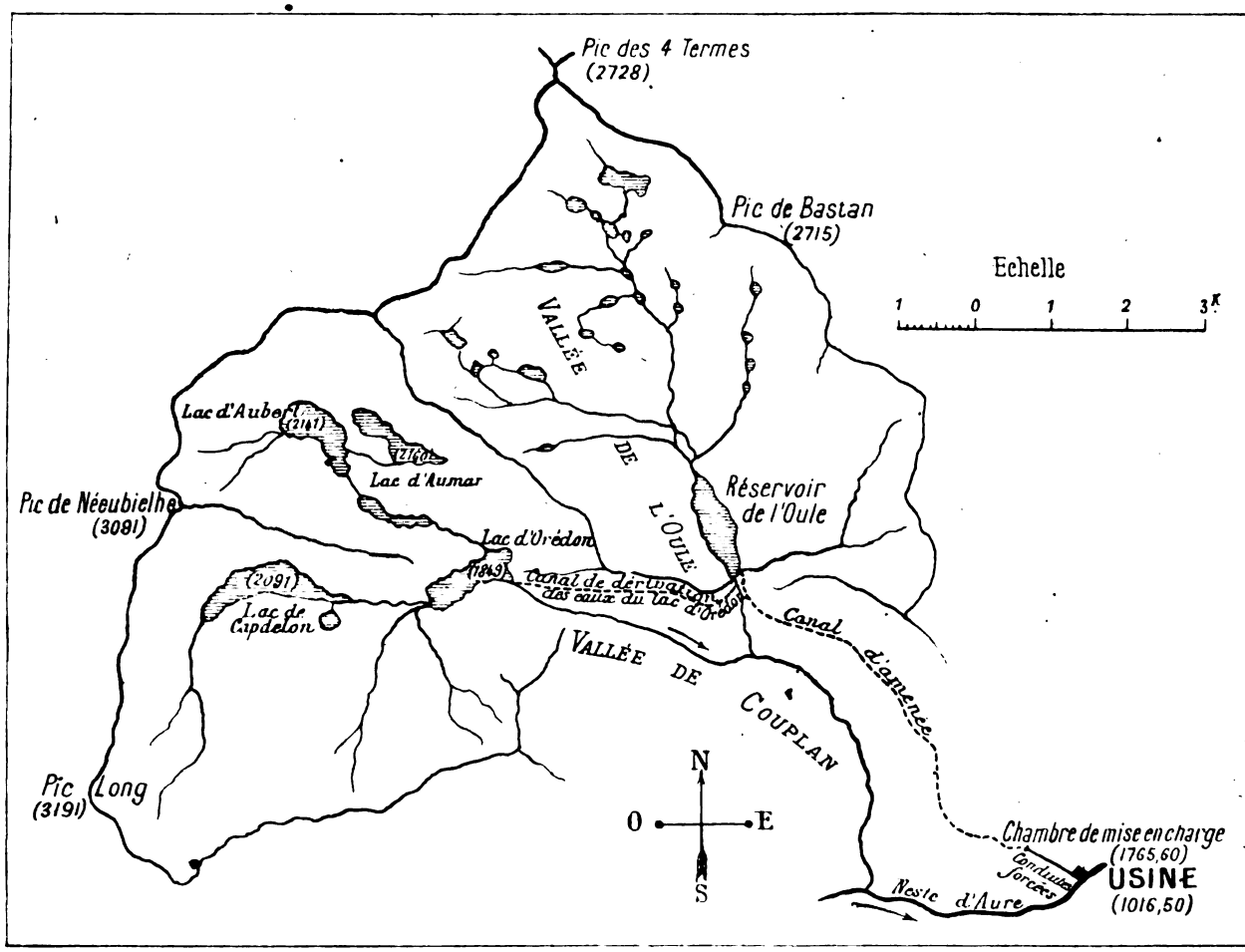


Fig. 11 — Carte d'ensemble des usines d'Eget.

fisances de débit de l'émissaire du lac d'Orédon.

L'exposition rapide que nous donnons ne correspond d'ailleurs pas aux phases successives de la conception de l'usine, mais résume son fonctionnement d'après le projet définitif.

Ainsi donc, si l'on se reporte à la figure 11 déjà indiquée, on verra qu'un canal d'amenée de 1,50 m de largeur et pouvant débiter 3000 l avec un tirant d'eau de 0,70 m ayant son origine à l'aval du lac d'Orédon, à à la cote (1825,00 conduit, après un parcours de 3,500 km, les eaux sortant des appareils de distribution de ce lac immédiatement à l'aval du barrage qui forme le lac de l'Oule. Le barrage de l'Oule est formé par un mur de maçonnerie, calculé suivant les formules de M. Maurice Lévy, d'une longueur de 168 m en couronne, d'une hauteur maximum de 30 m et d'une largeur maximum à la base de 28 m. La maçonnerie est formée de blocs de granit hourdés au mortier de ciment; son cube total est de 28 000 m³; le niveau normal du réservoir plein est à la cote (1798,50); la tranche d'eau utilisable a une hauteur de 22,50 m, représentant une capacité de 6 500 000 m³ environ.

La prise d'eau dans le lac est formée par un tunnel traversant le rocher sur lequel est établi le barrage. Ce

Digitized by Google

tunnel est fermé par un massif en maçonnerie de 11 m d'épaisseur dans lequel sont noyés 6 tuyaux de 40 cm de diamètre. Chacun de ces tuyaux est fermé, d'abord par un obturateur à fonctionnement rapide pour les cas d'accident, puis par un robinet-vanne dont la fermeture totale assure une étanchéité complète, sous la charge d'eau de 26,35 m, qui correspond au remplissage total du lac; mais on ne pourrait ainsi régler que difficilement le débit. Pour permettre un réglage parfait, ces tuyaux se réunissent deux par deux dans un grand corps cylindrique d'où repart une conduite unique de 50 cm de diamètre sur laquelle sont montés successivement, d'abord un venturi pour mesurer les débits, puis un robinet à siège conique qui ne donnerait pas une étanchéité complète, mais permet un réglage du débit aussi précis qu'on peut le désirer.

Ainsi donc, l'eau prise dans le lac par six tuyaux de 0,40 m sort, après avoir été jaugée avec précision, par trois conduites de 0,500 m qui peuvent débiter encore, quand il n'y a plus qu'une tranche d'eau de 2 m dans le lac, 2 100 l : sec.

Toute cette robinetterie sort de la maison Bouchayer et Viallet, ainsi que les conduites.

Nous sommes donc arrivés, au cours de cette description, à un point de bifurcation où l'on peut amener, d'un côté les eaux arrivant du lac d'Orédon, d'un autre côté les eaux provenant du lac de l'Oule.

De là repart un nouveau canal de 5,500 km de longueur environ, en pente de 1 mm par mètre, d'une largeur de 2 m et pouvant débiter 4800 l : sec avec un tirant d'eau de 1,40 m.

Il est superflu d'ajouter qu'à de pareilles altitudes la nécessité s'impose encore plus qu'à Soulom d'avoir des canaux entièrement souterrains.

Ce canal aboutit à un réservoir de 3000 m³ de capacité formé, comme le réservoir souterrain du Gave de Cauterets à Soulom, par un tunnel à grande section de 100 m de longueur. Il aboutit directement à la chambre de mise en charge.

Nous ajouterons que les travaux du barrage et de la prise d'eau de l'Oule, ainsi que le canal d'amenée de l'Oule à la chambre de mise en charge et le réservoir de 3000 m³, ont été exécutés sous la direction du service des Ponts et Chaussées du département des Hautes-Pyrénées, qui a d'ailleurs construit antérieurement les autres réservoirs d'alimentation dont nous avons déjà parlé.

Le canal d'amenée depuis le lac d'Orédon jusqu'à l'Oule, la chambre de mise en charge, les conduites forcées, l'usine et son équipement ont été exécutés sous la direction des services techniques de la Compagnie du Midi.

Organisation de l'usine. — Les études hydrauliques faites sur la conjugaison des deux vallées, en vue de déterminer la puissance sur laquelle on pouvait compter pour l'usine, ont été assez laborieuses; il a fallu notamment revoir toutes les feuilles de débit du lac d'Orédon depuis plusieurs années.

Sans entrer dans aucun détail au sujet de ces études, nous dirons simplement qu'elles ont montré la possibilité d'assurer un débit continu de 2050 l : sec en été, qui est la période chargée du trafic dans la région pyrénéenne et de 1600 l : sec environ, en hiver, correspondant, sous la chute nette de 710 m à l'entrée des turbines, à une puissance moyenne de 24 heures, égale à 14 600 poncelets en été et 11 400 poncelets en hiver.

La présence des lacs et du réservoir de 3000 m³ attenant à la chambre de mise en charge permet de parer à de grandes irrégularités soit instantanées, soit dans le cours de la journée; on s'est alors rendu compte, en étudiant le service des trains, qu'il était possible de satisfaire à des pointes correspondant à 22 500 poncelets à l'entrée des turbines, et l'on a prévu que l'usine serait formée de 7 groupes générateurs indépendants, correspondant à des alternateurs de 3300 kv-a chacun, conçus suivant les mêmes principes qu'à Soulom, 6 groupes devant être simultanément en service et le septième formant réserve, soit au total un armement de 23 100 kv-a.

De la chambre de mise en charge partent 7 conduites de 500 mm de diamètre intérieur, en acier soudé, d'une épaisseur variant de 5 à 31 mm. Elles sont essayées à l'usine pour une pression supérieure de 50 pour 100 à la pression statique normale. Leur longueur moyenne est de 1250 m; mais les tronçons entre les brides n'ont qu'une longueur de 12 m, au lieu de 18 m réalisés à Soulom, à cause des difficultés de transport. Elles peuvent débiter 675 l à la vitesse de 2,75 m : sec.

Elles sont munies, comme à Soulom, d'un siphon automatique d'arrêt de débit à l'origine et de venturis au voisinage de l'usine.

Le travail dû à la dilatation est encore absorbé par les massifs d'ancrage, mais on a apporté le nouveau perfectionnement suivant :

C'est lorsque les conduites sont vides que les variations de température sont les plus considérables; à la mise en place, lorsqu'on maçonne les conduites dans les massifs, les efforts de traction et de compression, qui se produisent dans le courant d'une journée, s'exercent sur des massifs qui n'ont pas encore fait prise et risquent de les disloquer ou tout au moins y causent des fissures. Pour éviter cet inconvénient, les massifs d'ancrage sont divisés en deux catégories; dans les uns, qui sont les massifs principaux, la conduite est simplement noyée et maçonnée après ancrage, comme à Soulom. Entre eux, sont des massifs intermédiaires au droit desquels existe un joint de réglage coulissant.

Dans le massif intermédiaire est noyé non pas la conduite, mais un tube extérieur à elle et formant jaquette dans lequel la conduite peut glisser, tant qu'elle n'est pas rendue solidaire de la jaquette par un collier à boulons.

A l'origine, la conduite, soit par suite du joint de réglage, soit par suite de la présence de la jaquette, peut subir toutes les variations de longueur dues à la dilatation sans exercer aucun effort sur les massifs qui peuvent ainsi faire prise sans aucun risque de dislocation. Au bout d'un laps de temps suffisant et par une température convenable, on bloque le joint de réglage

Digitized by Google

et on rend la conduite solidaire de la jaquette. La rigidité est à ce moment réalisée sans inconvénient.

Le niveau dans la chambre de mise en charge variant entre les cotes 1765,60 et 1761.24, et le plancher de l'usine étant à la cote 1016,50, on réalise ainsi une chute brute de 736,50 ou une chute nette de 710 m, pertes de charge dans les conduites déduites.

Installation intérieure. — L'installation prévue pour cette usine, dont la construction a été arrêtée par la mobilisation comprend :

Sept groupes électrogènes principaux comportant chacun :

Une turbine hydraulique de 5000 ch, tournant à la vitesse de 500 t : min, accouplée à un alternateur monophasé capable de fournir du courant alternatif monophasé à la tension de 6000 v et à la fréquence de 16 périodes 2/3.

A chacun de ces groupes correspond un transformateur élévateur susceptible d'élever la tension du courant fourni par l'alternateur de 6000 à 60000 v.

Deux groupes électrogènes comportant chacun :

Une turbine de 450 ch accouplée avec :

a) Une première dynamo à courant continu, 125 v, d'une puissance de 55 kw, destinée à l'alimentation des services auxiliaires de l'usine.

b) Une deuxième dynamo à courant continu, 125 v également, capable d'assurer, sous toutes les conditions de charge, l'excitation des sept alternateurs supposés fonctionnant simultanément. La puissance de cette dynamo est de 175 kw.

Les deux dynamos d'un même groupe sont directement accouplées et montées sur un socle commun.

Deux tableaux, l'un dit à courant continu, l'autre dit à courant alternatif, permettent les diverses manœuvres de mise en marche, de couplage, etc., par l'électricien placé auprès d'eux sur une estrade dominant la salle des machines.

Tous les dispositifs accessoires, destinés soit à la protection des installations intérieures, soit à la régulation dans la fourniture de l'énergie, ont été prévus comme à l'usine de Soulom. Il est par suite inutile de les décrire, car ils sont identiques à ceux de cette usine.

On voit, par ce qui précède, que cette usine pourra être comptée à la fois parmi les usines les plus puissantes et celles qui réalisent les plus fortes chutes.

Il est d'ailleurs intéressant de noter que la conjugaison de ces deux usines, dont l'une, celle de Soulom, fonctionne avec le débit naturel du Gave, et l'autre, celle d'Eget, avec emmagasinement annuel, permettra probablement de parer à des pointes plus élevées que ne le permettrait un fonctionnement indépendant.

G. Camichel,
Directeur de l'Institut électrotechnique de Toulouse.

D. Eydoux,
Ingénieur principal de la voie aux Chemins de fer du Midi.

J. Lhériaud,
Ingénieur de la Traction aux Chemins de fer du Midi.

Unification des isolateurs de ligne

Dans une première communication reproduite par « La Revue électrique » du 5 mai 1916, page 269, M. Picou avait indiqué les résultats auxquels l'avait conduit une étude approfondie des isolateurs et laissait entrevoir la possibilité de l'unification de ces appareils. Ses propositions, discutées par la Commission mixte élue par la Société internationale des électriciens et l'Union des Syndicats de l'Electricité, viennent d'aboutir au règlement, publié plus loin, concernant les conditions d'essai et les profils d'une série d'isolateurs de ligne. Pour éviter toute fausse interprétation du texte, nécessairement concis, M. Picou a encore rédigé les commentaires que nous reproduisons ci-dessous.

La Commission mixte, désignée par la Société des Électriciens et l'Union des Syndicats de l'Électricité, a terminé son étude et établi son rapport [1]. Les conclusions en ont été adoptées par les Syndicats intéressés et il vous appartient maintenant de leur donner la sanction définitive. Mais, en raison de la forme extrêmement concise qu'ont dû recevoir ces conclusions, quelques explications complémentaires ne seront pas inutiles.

Deux points ont été traités : 1° *les conditions d'essai ;* 2° *les profils d'une série d'isolateurs de ligne.*

Les conditions d'essai ont été établies en premier lieu ; de cette manière, le bénéfice d'une entente obtenue sur ce point devait rester acquis même si l'on n'avait pu s'entendre sur la création d'une série d'isolateurs. Les règles établies sous cette rubrique comprennent quelques lignes relatives à la qualité des matériaux, mais ils sont définis d'une manière sommaire plutôt pour éliminer toute autre matière que le verre ou la porcelaine que pour en préciser la composition. Ces conditions d'essai ne paraissent pas nécessiter grand commentaire. Elles ne sont guère que la codification, après discussion de leur mérite, de celles qui figuraient dans un certain nombre de cahiers de charges discutés antérieurement entre acheteurs et fabricants.

La *série des isolateurs de ligne*, au contraire, mérite d'être justifiée avec un peu plus de détail. On remarquera d'abord la forme absolument concrète sous laquelle sont présentés les résultats ; les pièces-type sont figurées et cotées dans toutes leurs dimensions principales. Le travail de la Commission n'a donc reçu,

[1] Voir ci-après, p. 306-308.

Digitized by Google

à aucun degré, le caractère et la forme, plus spécialement techniques, de *Règles de construction* analogues à celles que j'avais formulées comme conclusions de ma Communication de février dernier.

Mais cela ne signifie pas du tout que de telles règles n'existent pas, ou n'aient pas été observées, ou ne méritent pas d'être énoncées. Il sera tout à l'heure facile de les expliciter en se servant des dimensions mêmes des types arrêtés. Si la Commission a, dans ses conclusions, sous-entendu leur énonciation, c'est qu'elle était Commission mixte, composée en majorité de délégués de syndicats professionnels, moins soucieux de dégager les bases techniques du travail que de formuler des conclusions susceptibles d'une application commerciale immédiate.

Cet aspect commercial de la question est celui qui intéresse spécialement les syndicats, et relève incontestablement de leur domaine. Mais il n'est pas moins incontestable que le point de vue technique est le nôtre, la Société des Électriciens ayant précisément été créée pour poursuivre des études de ce genre. En bonne logique, l'énonciation des principes généraux de construction qui dérivent des conditions techniques aurait dû précéder l'étude des réalisations matérielles et du dimensionnement.

La composition de la Commission a déterminé une autre méthode de travail; mais finalement un résultat a été obtenu. En vous le communiquant pour vous demander de le sanctionner, il me paraît nécessaire de faire sortir de l'ombre où ils sont restés modestement relégués ces principes techniques qui, bien que non formulés, ont été les guides dans cette étude, et qui, remarquons-le en passant, subsisteraient quand bien même des considérations, tirées de la fabrication du verre ou de la porcelaine et de ses progrès, conduiraient à modifier plus ou moins profondément les formes arrêtées aujourd'hui.

Les règles de construction que j'avais prises comme spécimen, pour ainsi dire, dans ma communication de février dernier, tendaient à préciser trois points particuliers : 1° *la ligne d'étincelle ;* 2° *la ligne de fuite superficielle ;* 3° *l'épaisseur de la matière au col de l'isolateur.* Je rappelle que, par définition, la *ligne d'étincelle* est la plus courte longueur cumulée des droites que l'on peut tracer, dans l'air, entre le bord de la cloche supérieure et la ferrure (ou la traverse) : soit $ab + cd + ef$ de la figure 1 ; la *ligne de fuite* est la plus courte ligne sèche (longueur cumulée) que l'on puisse tracer entre les mêmes points sur la surface de l'isolateur soumis à la pluie : soit $amb + cmd + ef$ de la même figure.

Reprenons l'examen de ces points.

Lignes d'étincelle et de fuite superficielle. — Si l'on remarque que la distance explosive entre pointes varie à peu près linéairement avec la tension, on peut en conclure que la ligne d'étincelle doit suivre la même allure. De même, pour la ligne de fuite, il semble bien qu'il doit en être de même, malgré qu'on ne dispose encore d'aucune série d'essais relative à ce phénomène. Mais, très heureusement, une pratique déjà ancienne a permis de préciser les dimensions générales de ces lignes propres, indépendamment de toute forme spéciale d'isolateur, à supporter avec sûreté telle ou telle tension. Par là même, les coefficients d'ordre pratique, indispensables pour la détermination des dimensions, se

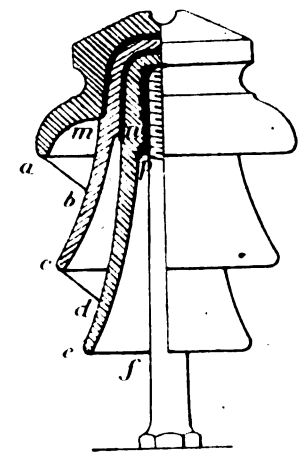


Fig. 1.

trouvent fixés expérimentalement d'une manière tout à fait satisfaisante.

La figure 2 est un diagramme qui montre comment se groupent les valeurs de ces lignes pour les isolateurs

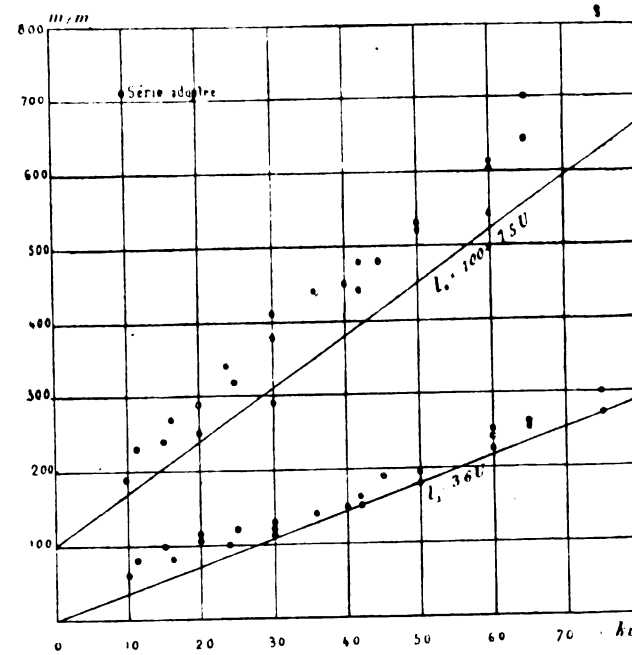


Fig. 2.

figurés aux catalogues des divers fabricants. En même temps on y a figuré celles des isolateurs adoptés par la Commission. La loi linéaire est bien celle qui est généralement observée pour les deux sortes de ligne. On peut, sur cette figure, tracer avec certitude les *droites*

Digitized by Google

limites qui précisent les relations à observer en déterminant la valeur minimum des paramètres.

Si l_1 est la ligne d'étincelle et l_2 la ligne de fuite, les droites figurées donnent les valeurs limites inférieures qui sont

$$l_1 = 3{,}6\ U,$$
$$l_2 = 100 + 8\ U,$$

l étant la longueur cumulée en millimètres, U la tension alternative efficace de service en kilovolts.

Pour préciser encore ce qui a trait à la ligne d'étincelle, la Commission a compris dans les cotes de dimensionnement la distance S entre le bord de la cloche inférieure et la traverse. Un diagramme des valeurs de cette cote S permettrait encore de formuler la condition minimum

$$S = 10 + 2\ U.$$

Il sera donc facile de résumer les conditions techniques de construction des isolateurs de ligne, indépendamment de leur forme propre, en quelques règles simples, ainsi que nous le ferons tout à l'heure.

Une fois admises comme dérivant simplement de l'expérience acquise, il est bon cependant de les examiner en fonction des essais directs que fournissent les laboratoires.

La ligne d'étincelle est à comparer à la distance explosive entre pointes, distance qu'on pourrait toujours figurer sur le diagramme. On remarquerait alors immédiatement que le rapport des longueurs n'est guère que de 2, et même un peu inférieur pour les très hautes tensions. Or, la tension d'essai à sec d'un isolateur étant toujours notablement supérieure au double de la tension de service, il semblerait que l'arc doive s'établir bien avant que la tension d'essai soit atteinte. En fait, cela n'arrive pas, pour cette raison que les conditions d'éclatement sont bien différentes dans les deux cas. La division de l'étincelle en plusieurs tronçons, ou son allongement si elle contourne le bord des cloches, enfin la présence de minces couches d'eau sur celles-ci sont autant d'obstacles à l'établissement de l'arc, obstacles qui n'existent pas dans l'éclatement entre pointes à l'air libre. La marge de sécurité donnée par les formes sanctionnées est donc suffisante; mais si, dans quelques cas particuliers, l'exploitant désire une sécurité exceptionnelle, il lui sera toujours facile de l'obtenir en choisissant le modèle immédiatement supérieur à celui qui serait strictement suffisant. Ce choix n'entraîne pas une dépense exagérée, grâce au nombre de modèles un peu élevé auquel s'est arrêtée la Commission.

En ce qui concerne les fuites superficielles et l'action du brouillard, on ne possède malheureusement encore aucune série d'essais propre à fournir une base de comparaison. Il a donc été nécessaire de se laisser guider simplement par les précédents dans la détermination de la longueur.

Il existe toutefois une dépendance évidente, imposée par le tracé, entre les lignes d'étincelle et de fuite. On peut remarquer, avec un peu d'attention, que la première dépend principalement du diamètre des cloches, tandis que la seconde est plus particulièrement déterminée par leur longueur. On a mis à profit cette remarque dans l'étude des tracés, pour déterminer les cotes D et A du tableau de dimensionnement.

Épaisseur de la matière au col de l'isolateur. — Il reste à examiner ce point que je n'avais touché que très sommairement en février, de l'épaisseur et de la contrainte de la matière au col de l'isolateur. J'avais indiqué, d'après une vague analogie, que le rapport 2,7 du diamètre de gorge à celui du trou de scellement paraissait devoir être un maximum. Comme en fait, lors des essais poussés jusqu'à la perforation, c'est toujours en ces points qu'elle se produit, la condition de la matière dans ces parages ne laissait pas que de me causer une certaine appréhension. Je me suis donc efforcé de trouver quelque méthode d'évaluation un peu plus précise et je crois y être parvenu de la manière suivante :

Pour se rendre compte de la contrainte subie par la porcelaine, il faut assimiler la tête de l'isolateur à quelque forme géométrique qui n'en soit pas trop éloignée, et qui permette le calcul. Soit (fig 3) une tête ainsi figurée. On ne sera pas extrêmement loin de la

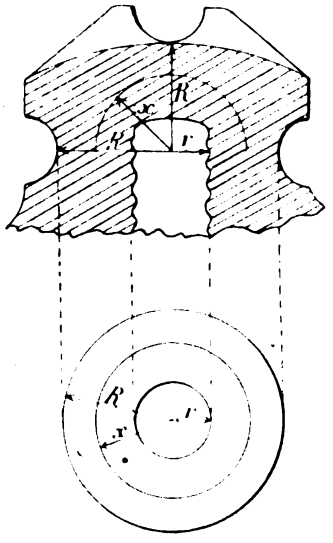


Fig. 3.

vérité en l'assimilant à un hémisphère centré en O. Lors de l'épreuve, la tête est immergée dans l'eau, donc conductrice sur toute sa surface; et l'hypothèse d'un condensateur à diélectrique hémisphérique est probablement la plus approchée qui soit possible.

Soient : R le rayon de gorge, r le rayon de la ferrure, x un rayon intermédiaire. La répartition intérieure du potentiel est déterminée par celle des capacités des condensateurs hémisphériques qu'on peut imaginer

Digitized by Google

dans l'épaisseur de la matière. Entre les rayons r et x la capacité C_1 est donnée par

$$\frac{1}{C_1} = \frac{1}{k}\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{x}\right),$$

k étant le pouvoir inducteur de la matière. Entre r et R, on a C par la même équation

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{k}\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R}\right).$$

Comme il n'y a pas de charge libre dans la masse, on peut écrire que les charges des condensateurs sous leurs potentiels respectifs sont égales

$$Q = u\,C_1 = U\,C,$$

$$(1) \qquad \frac{u}{U} = \frac{C}{C_1} = \frac{\frac{1}{r} - \frac{1}{x}}{\frac{1}{r} - \frac{1}{R}};$$

de là la répartition de la tension. Mais ce qui importe ici c'est la variation linéaire $\frac{du}{dx}$, qui mesure la contrainte en volts par millimètre, par exemple à quoi est soumise la matière. C'est, au signe près,

$$(2) \qquad \frac{du}{dx} = \frac{U}{\frac{1}{r} - \frac{1}{R}}\,\frac{1}{x^2}.$$

Sa valeur est évidemment la plus grande pour $x = r$ au contact du scellement intérieur, soit G_0 cette valeur ; elle s'écrit

$$(3) \qquad G_0 = \frac{R}{r(R-r)}\,U.$$

Pour voir comment cette contrainte varie à son tour en fonction de l'épaisseur, considérons R comme fixe, r variable ; en différentiant, il vient

$$(4) \qquad \frac{dG_0}{dr} = \frac{R(R-2r)}{r^2(R-r)^2}\,U,$$

valeur qui s'annule pour $R = 2r$.

Cette proportion est donc à réaliser *autant que cela sera possible*. Le minimum de contrainte ainsi obtenu aurait pour valeur

$$(5) \qquad G_{0\min} = 2\,\frac{U}{R-r},$$

c'est-à-dire qu'elle serait exactement le double de ce qu'elle serait sur un condensateur plan de même épaisseur.

Il n'est malheureusement pas toujours possible de réaliser cette condition d'épaisseur optimum ; et il est intéressant de chiffrer ce que l'on perd à s'en écarter. Disons de suite que la perte se produit heureusement assez lentement. En posant $m = \frac{R}{r}$, l'équation (3) peut s'écrire sous la forme

$$(6) \qquad G_0 = \frac{m^2}{m-1}\,\frac{U}{R} = \frac{m^2}{4(m-1)}\,G_{0\min},$$

ce qui donne, pour les diverses valeurs de m, le tableau ci-dessous que traduit la figure 4 :

$\frac{R}{r} = m$	1.6	1,8	2,0	2,2	2,4	3,0	3,5	4,0
$\frac{G_0}{G_{0\min}}$	1,067	1,012	1,000	1,008	1,029	1,125	1,125	1,333

On reconnaît ainsi que, même en doublant l'épaisseur par rapport à la valeur optimum, on n'augmente la

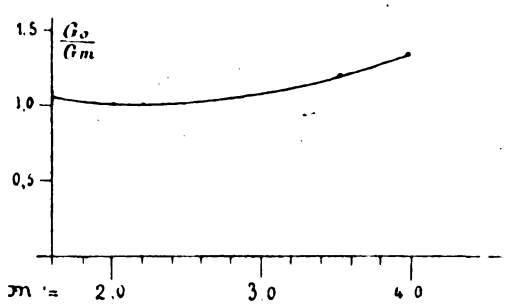


Fig. 4.

contrainte que de 33 pour 100. On peut donc s'écarter sans trop grands risques de la proportion la plus favorable.

Tout ceci s'applique à des isolateurs construits d'une seule pièce, ou de plusieurs soudés par une matière de propriétés isolantes identiques à celle de la porcelaine ou du verre, telle qu'un émail. Mais les exigences de la fabrication des grands isolateurs s'opposent heureusement à la soudure par émail. Les différentes cloches en sont réunies par scellement au ciment. Comparativement à la porcelaine ou au verre, si hautement isolants, le ciment est un bon conducteur ; il serait en tous les cas facile de le rendre tel. De ce fait, les conditions de résistance se trouvent automatiquement améliorées, ainsi qu'on va le voir. Les condensateurs hypothétiques, bases du calcul, sont ici remplacés par les condensateurs réels que forment les cloches successives ; les formes n'en sont plus, même approximativement, hémisphériques, mais les capacités restent calculables avec une exactitude notable.

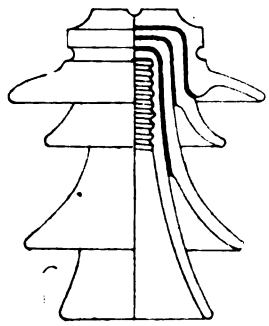
Toutefois, un calcul n'est même pas nécessaire pour reconnaître que cette disposition est favorable. L'étude du tracé conduit impérativement à allonger la partie cylindrique des scellements à mesure que leur diamètre décroît. Les capacités des cloches successives tendent

Digitized by Google

ainsi à s'égaliser, et l'on pourra toujours approprier les longueurs de manière à obtenir leur égalité approximative.

La répartition de la tension tendra ainsi à s'uniformiser, chacune des n cloches supportant environ $\left(\frac{1}{n}\right)^{\text{ième}}$ du total, et pouvant être calculée, en conséquence, avec la marge de sécurité nécessaire. Avec les épaisseurs que nécessite la fabrication, cette action favorable du scellement est absolument nécessaire pour que la contrainte limite de rupture ne soit pas dépassée dans les grands isolateurs à trois ou quatre cloches.

Pour vérifier l'exactitude de ces considérations, j'ai pu essayer au Laboratoire central, avec l'habile concours de M. de la Gorce, les capacités successives d'un grand isolateur à quatre pièces, type 151 des Établissements Parvillée, mis obligeamment à ma disposition par le constructeur. La figure 5 donne une réduction à l'échelle de cette pièce, qui est prévue pour 75 000 v en



5 (échelle $\frac{1}{10}$).

Fig. 5.

service. Ces faibles capacités, de l'ordre du dix-millième de microfarad, ont été obtenues en mesurant indirectement le courant de charge produit par une tension allant jusqu'à 10 kv. Ce courant traversait une résistance pure de 50 000 ohms, aux bornes de laquelle un électromètre très sensible mesurait la tension.

Le Tableau ci-dessous donne la valeur des capacités successives, d'où l'on déduit l'échelonnement des tensions et la répartition des 75 000 v de tension de service :

Cloche.	Capacité. (mF)	$\frac{u}{U}$	Tensions partielles. (volts)
IV.....	$1{,}73.10^{-4}$	0,245	18 400
III.....	2,23	0,160	14 150
II.....	2,18	0,194	14 550
I.....	1,14	0,371	27 800
Réduite.	0,424	1,000	75 000

Les cloches sont numérotées en commençant par l'intérieure.

Dans les termes des prescriptions officielles, cet isolateur doit être essayé sous 160 kv. La cloche intérieure, qui est la plus exposée, supporterait les 0,371 de ce chiffre, soit 59 400 v. Le maximum local de la contrainte, au contact du scellement intérieur, sera

$$G_{max} = u\frac{R}{R(R-r)} = 59\,400 \times \frac{35}{22{,}5 \times 12{,}5} = 7\,400 \text{ volts:mm.}$$

Cette valeur étant nettement inférieure aux 9 500 v : mm qui sont la limite de rupture de la porcelaine sous des épaisseurs de cet ordre, la sécurité peut être considérée comme obtenue.

Encore convient-il d'ajouter que le constructeur nous a fait observer que, lors de l'essai, nous avions admis une longueur insuffisante du scellement intérieur. Une valeur plus conforme à la pratique du montage aurait augmenté la capacité mesurée pour cette cloche, diminué sa part proportionnelle de tension supportée et ainsi amélioré encore les conditions de résistance.

Dans la série d'isolateurs arrêtée, les cotes D_0 du diamètre de gorge se trouvent données surtout par les nécessités de la fabrication qui imposent une valeur minimum à l'épaisseur de chaque cloche. C'est seulement pour le cas des très hautes tensions que la valeur en a été limitée à ce qui était strictement nécessaire à ce dernier point de vue, pour ne pas augmenter la contrainte par exagération de l'épaisseur.

Enfin la cote T a été établie de manière que soit respectée la condition que le plan de rayon minimum de la gorge coupe la ferrure, ce qui assure l'absence d'un effort de flexion sur la porcelaine ou le verre.

Telles sont, messieurs, les raisons techniques qui ont guidé le travail de la Commission, et déterminé les cotes qui figurent au tableau de dimensionnement des isolateurs, forme concrète de son travail, mais forme particulière à l'état présent des choses en matière de technologie du verre et de la porcelaine. Mais ces bases techniques, qui semblent devoir encore demeurer celles des travaux que nécessitera dans l'avenir le progrès de ces fabrications, nous pouvons, nous, Société d'électriciens, les retenir et les résumer sous forme de quelques règles simples qu'on pourrait formuler ainsi qu'il suit :

1° La ligne d'étincelle d'un isolateur doit avoir une longueur minimum donnée par la formule $l_1 = 3{,}6\,U$ avec un minimum absolu de 40 mm (l en millimètres, U en kilovolts).

2° La ligne de fuite superficielle doit avoir une longueur minimum donnée par $l_2 = 100 + 8\,U$.

3° La distance du bord de la cloche à la traverse doit être égale au minimum à la valeur donnée par $S = 10 + 2\,U$, avec minimum absolu de 40 mm.

4° Les joints de scellement des cloches successives des isolateurs de haute tension doivent être, autant que possible, proportionnés de manière à ramener à des valeurs égales les capacités comprises entre scellements successifs.

R.-V. Picou,

Président du Comité électrotechnique français.

Digitized by Google

Rapport de la Commission d'unification des isolateurs de ligne (1).

Rapport.

La Commission nommée pour l'unification des isolateurs de ligne a décidé d'aborder en premier lieu la *codification des conditions d'essai* de ces pièces. Elle a tenu à marquer dès le début que le texte proposé est destiné à faire loi seulement en l'absence de conventions différentes entre les contractants. Cette réglementation constitue donc, en quelque sorte, le droit commun en la matière.

Les essais ont été divisés en deux catégories :

1° Essais propres à fixer l'intéressé sur le choix du type ;

2° Essais propres à fixer sur la qualité des pièces fabriquées conformément au type.

C'est l'ordre logique des opérations qui s'est imposé de lui-même dans la rédaction.

Entendant limiter son travail aux isolateurs de verre et de porcelaine (à l'exclusion des matières nouvelles non encore sanctionnées par l'expérience), la Commission a inséré dans la réglementation quelques paragraphes relatifs à la qualité des matières et au mode de fabrication.

Les fabricants et exploitants ont paru unanimes à penser que cette codification des conditions d'essai était propre à rendre tous les services que l'on peut attendre d'une discipline de ce genre librement consentie par les intéressés.

La deuxième partie du travail a porté sur l'*unification des profils*.

Ici encore la Commission a tenu à indiquer, en tête des tableaux qui résument les résultats, que les formes proposées ne sont en quelque sorte que les formes moyennes considérées comme les meilleures en l'état actuel de la technique électrique et de celle des industries de la porcelaine et du verre. Elles ne sont donc définitives que par rapport à l'état actuel des choses et devront dans l'avenir subir les évolutions nécessaires.

Il a paru indispensable de comprendre dans les dimensions de l'isolateur la hauteur libre entre le bord de la cloche inférieure et la traverse. C'était d'ailleurs nécessaire pour l'étude de la ferrure droite appropriée au type d'isolateur et à la tension d'emploi.

Les diamètres et hauteurs des cloches successives sont seuls cotés afin de laisser aux contractants toute liberté dans le choix de l'épaisseur de la matière. La valeur isolante n'est pas intéressée par cette épaisseur que des considérations de résistance aux chocs des manutentions peuvent conduire à renforcer dans certaines circonstances.

Le nombre de types est assez grand : c'est un compromis entre les intérêts des fabricants qui serait de réduire ce nombre et celui des exploitants qui serait de le multiplier. Tel quel, il paraît répondre à tous les besoins jusqu'à 75 kv. Le moment ne semble pas venu d'unifier les isolateurs en chaîne usités pour les tensions supérieures et d'un usage encore très rare en France.

La Commission espère que le résultat de son étude est conforme aux intentions de ses mandants et que son travail pourra rendre quelques services à l'industrie française.

Paris, mai 1916.

R.-V. Picou.

(1) Membres de la Commission : MM. Picou, président ; Bouthillon, P. Ferrier, Labèque, de la Société internationale des électriciens ;

MM. de Boringe, Daguerre, M. Jaquet, Lecler, Legros, Paré, P. Sailly, E. Sartiaux, désignés par l'Union des Syndicats de l'électricité.

Conditions techniques de fabrication et d'essais des isolateurs de ligne fabriqués en porcelaine ou en verre.

Observations. — Les présentes conditions sont applicables à défaut de stipulations contraires ; mais elles ne font pas obstacle à l'établissement de conventions différentes entre les parties intéressées.

Les essais d'isolateurs de ligne se divisent en deux catégories, savoir :

Première catégorie. — Essais de type, destinés à éclairer l'ingénieur sur la valeur du type choisi, en ce qui concerne sa résistance dans les conditions qu'il peut avoir à subir.

Deuxième catégorie. — Essais de pièces ou de réception, destinés à éprouver avant leur mise en œuvre toutes les pièces qui font partie d'une fourniture.

1° ESSAIS DE TYPE.

Ces essais portent seulement sur quelques pièces prises au hasard dans un lot et qui, toutes, subissent les quatre essais successivement. Ils portent sur les points suivants : 1° effets des variations de température ; 2° épreuve de résistance mécanique ; 3° épreuve de tension à sec ; épreuve de tension sous la pluie.

Les essais de cette catégorie doivent, de préférence, précéder la commande.

1. *Essai de température.* — L'isolateur est échauffé par une immersion pendant 15 minutes dans un bain d'eau maintenue entre 70° et 65° C ; il est ensuite plongé, soit brusquement, soit progressivement, dans un bain d'eau maintenue entre 10° et 15° C. Après cet essai la pièce ne doit montrer aucune cassure ni fente, même de l'émail.

2. *Épreuve de résistance mécanique.* — L'isolateur est soumis, pendant une minute, aux efforts suivants :

Type.	Effort sur la gorge (1). kg	Effort longitudinal (2). kg
1/3 (1 à 3 kilovolts)	50	110
3/5	50	110
6/10	50	125
10/16	60	125
16/24	60	200
24/30	60	200
30/36	75	200
36-42	90	250
42/50	90	250
50/60	100	300
60/65	100	300
65/75	100	350

3. *Épreuve de tension à sec.* — L'isolateur, monté sur sa ferrure et garni d'un élément de ligne avec la ligature normale, est soumis à une tension alternative, de fréquence industrielle (15 à 60 périodes par seconde), de forme pratiquement sinusoïdale, appliquée entre le conducteur et la

(1) Effort un peu supérieur à celui qui amène la ferrure à la contrainte de 8 kg : cm².

(2) Effort correspondant à 4 kg : cm² de fer noyé dans le ciment.

Digitized by Google

ferrure. La tension est élevée progressivement jusqu'à une valeur efficace finale égale, savoir :

A trois fois la tension nominale de service pour les valeurs de celle-ci inférieures à 10 000 v :

A deux fois la tension de service augmentée de 10 000 v pour les valeurs supérieures.

Par tension nominale de service, il faut entendre la valeur composée, qui est celle par laquelle on désigne communément le régime de la transmission, cette valeur pouvant toujours, en exploitation courante, se trouver accidentellement appliquée à une partie des isolateurs.

La durée de l'épreuve est : de 10 minutes pour les isolateurs jusqu'à 24 kv inclusivement ; de 20 minutes pour les isolateurs entre 24 et 50 kv ; de 30 minutes pour les tensions supérieures à 50 kv.

Après l'essai, l'isolateur ne doit manifester d'échauffement dans aucune de ses parties.

A titre documentaire, l'essai pourra être poussé, sur quelques pièces, jusqu'à l'éclatement de l'arc.

4. *Épreuve de tension sous la pluie.* — On réalisera une pluie artificielle de 10 à 12 mm de hauteur d'eau par minute, tombant à 45° environ sur l'isolateur. La tension d'épreuve, appliquée deux minutes après le commencement de la pluie, est portée progressivement à une fois et demie la tension nominale de service, et maintenue pendant 3 à 5 minutes. L'arc ne doit pas s'établir même si une légère inclinaison de l'isolateur amène l'eau à ruisseler d'un même côté. On notera que le degré de pureté de l'eau a une importance, une eau impure abaissant la tension d'éclatement de l'arc.

2° CONDITIONS DE FABRICATION ET ESSAIS DE RÉCEPTION.

5. La porcelaine d'un isolateur doit être homogène et sa cuisson doit être complète. Elle est recouverte d'émail, coloré ou non, sur toutes ses parties, à l'exception de celles qui doivent recevoir un scellement, ou qui sont des surfaces d'appui pendant la cuisson.

6. Le verre d'un isolateur doit être de composition très siliceuse et pauvre en alcalis. Il ne doit présenter aucune bavure de moulage ; enfin, il doit être recuit d'une manière complète.

7. Les dimensions des pièces seront conformes aux cotes du dessin du type, sauf les tolérances de 5 pour 100 sur les dimensions inférieures à 20 mm, et de 3 pour 100 pour les dimensions supérieures.

8. Les différentes cloches sont fabriquées séparément. L'assemblage en est fait par des moyens laissés au choix du fabricant. Toutefois, l'assemblage des cloches entre elles par l'émail n'est admis que pour des tensions inférieures à 16 000 v.

9. Les parties destinées aux scellements sont striées, rainées ou taraudées.

10. Au cours de la fabrication, toutes les cloches sont éprouvées séparément. Les isolateurs montés sont éprouvés en les plaçant par groupes, la tête en bas, dans une cuve contenant de l'eau, et en appliquant la tension entre la cuve d'une part, et une petite quantité d'eau contenue dans le trou de scellement d'autre part.

La durée de l'épreuve est de 10 à 30 minutes, selon le type, conformément au paragraphe 2.

Pendant toute cette durée, la tension est maintenue à la valeur correspondant à l'épreuve de tension à sec. Toutes les pièces doivent résister à l'essai.

11. Les essais font l'objet de procès-verbaux contradictoires.

Isolateurs de ligne.

La série d'isolateurs de ligne définie ci-après représente la moyenne des formes et dimensions qui paraissent, en ce moment, les mieux appropriées à leur destination.

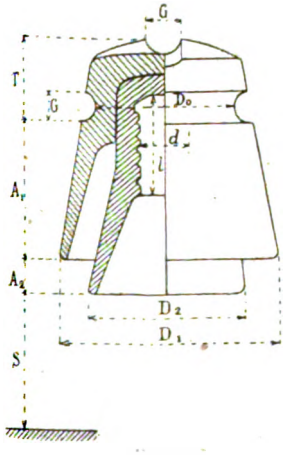


Fig. 1.

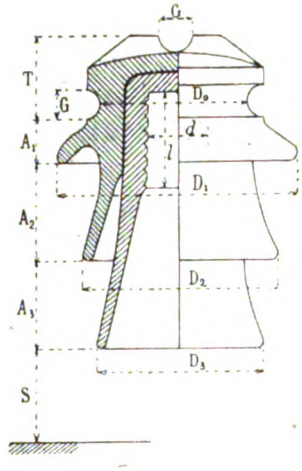


Fig. 2.

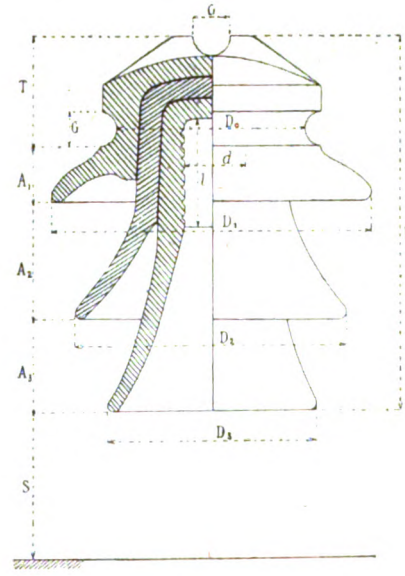


Fig. 3.

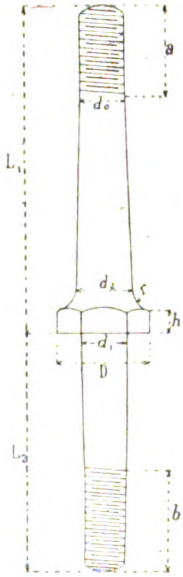


Fig. 4.

Les intéressés sont d'accord pour les considérer comme types normaux français, types auxquels, par convention, se réfèrent toutes les demandes ou informations non expressément accompagnées d'indications différentes.

Digitized by Google

Isolateurs (fig. 1, 2 et 3).

Type :	1/3.	3/6.	6/10.	10/16.	16/24.	24/30.	30/36.	36/42.	42/50.	50/60.	60/65.	65/75.
D_0	60	60	65	68	100	100	100	120	140	160	160	170
D_1	100	120	110	125	150	175	200	225	250	300	350	350
D_2	70	90	90	105	125	150	175	200	225	240	275	300
D_3			75	85	100	115	130	150	170	210	250	240
D_4												200
T	40	40	40	45	50	55	55	55	55	60	60	75
A_1	65	70	20	25	35	30	35	40	40	50	50	50
A_2	15	25	45	50	60	65	75	85	100	100	110	150
A_3			40	45	50	50	60	70	85	90	100	135
A_4												90
G	15	20	15	15	15	20	20	20	20	20	20	20
d	23	23	23	24	30	30	30	35	35	40	40	40
l	45	45	50	50	60	60	60	70	70	80	80	80
H	120	135	145	165	195	210	225	250	280	300	320	500
S	40	40	40	50	60	70	80	100	115	130	145	160
	a.		*b.*					*c.*				*d.*

Observations. — *a.* Fig 1. Isolateurs en une ou deux pièces à volonté. — *b.* Fig. 2. Isolateurs en deux ou trois pièces pouvant être scellées à l'émail ou au ciment. — *c.* Fig. 3. Isolateurs en trois pièces scellées au ciment. — *d.* Isolateurs en quatre pièces.

La distance entre le bord de la cloche inférieure et la traverse horizontale sur laquelle l'isolateur est monté (cote S) est considérée comme une cote de construction, car son inobservation enlèverait toute signification à la valeur de la tension indiquée comme correspondant au type.

Ferrures droites (fig. 4).

Type :	1/10.	10/16.	16/24.	24/30.	30/36.	36/42.	42/50.	50/60.	60/65.	65/75.
L_1	165	185	230	245	280	325	370	400	440	610
L_2	125	125	125	125	150	150	150	175	175	200
d_1	20	23	25	25	28	32	32	36	38	40
d_2	24	27	30	32	35	40	40	45	45	50
d_0	20	20	25	25	25	28	30	32	32	36
D	40	46	50	50	56	64	64	72	76	80
r	10	10	12	12	15	15	20	20	20	20
h	10	10	10	10	11	11	11	12	12	12
a	45	50	60	60	60	70	70	80	80	80
b	55	60	60	60	75	75	75	75	75	75
F	65	80	80	80	100	125	110	140	150	130

Observations. — Cotes en millimètres. Effort *F* en kilogrammes. C'est l'effort transversal appliqué au sommet qui correspond à une contrainte de 12 kg:mm² environ, en supposant qu'il n'y a pas encastrement parfait de la ferrure dans la traverse.

Revues, analyses et informations

L'électricité comme moyen d'utilisation rationnelle des combustibles (1).

Bien que l'Italie soit riche en forces motrices hydrauliques encore incomplètement utilisée, l'auteur estime, partageant en cela l'opinion de nombreux économistes, qu'elle se trouvera quand même forcée d'employer pour sa vie industrielle, une quantité considérable de combustible. Comme elle est très pauvre en combustibles minéraux, il est indispensable, si l'on veut éviter l'importation de charbons étrangers, que l'on utilise les combustibles quelle possède, bien qu'en général ils soient de très mauvaise qualité. Aussi l'auteur recommande-t-il la gazéfication préalable de ces combustibles (bois, tourbe, lignite, etc) et l'emploi du gaz ainsi produit pour l'alimentation de groupes électrogènes. Il a, dans ce but, étudié un gazogène à chauffage intérieur qui peut traiter toute sorte de combustible en permettant de récupérer tous les produits liquides ou solides de la distillation.

Le gaz produit pourrait d'ailleurs servir à d'autres applications que la production de l'électricité. Ainsi, il pourrait être employé dans la fabrication du gaz d'éclairage ordinaire : il servirait au chauffage des cornues où l'on distille la houille et permettrait ainsi de réserver à d'autres usages le coke servant à ce chauffage. Cette modification dans la production du gaz d'éclairage, qui peut être effectuée sans grande dépense d'installation, assurerait, aux prix actuels du coke, des bénéfices très importants.

D'autres applications sont encore prévues par M. Carcano ; il se propose de les examiner dans un autre article.

(1) F.-E. Carcano, *Elettrotecnica*, 5 février 1917, t. IV, p. 70-73.

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

L'outillage industriel

L'outillage des usines américaines est prévu pour la fabrication de types standards; cette méthode sera rarement applicable en Europe, mais il faut au moins spécialiser les usines. La grande industrie doit contribuer à transformer et à alimenter la moyenne industrie ainsi spécialisée. Dans toutes les branches du commerce, des travaux civils et de l'agriculture, l'outillage mécanique doit remplacer la main-d'œuvre raréfiée.

Si notre industrie veut lutter à armes égales sur notre marché avec les industries étrangères, si nous voulons développer nos exportations et prendre une place importante sur les marchés des nations sympathiques à la France et désireuses de se libérer de l'emprise de ses ennemis, il est urgent, nécessaire, indispensable de transformer et de multiplier notre outillage, de manière à diminuer nos prix de revient et à économiser une main-d'œuvre qui sera certainement rare, exigeante et coûteuse.

Telle est la thèse, le lieu commun que l'on trouve chaque jour exposé dans la presse, les conférences, les brochures, les revues et les études économiques.

Cette thèse constitue-t-elle un dogme que l'on doive accepter sans examen? Quelle part de vérité et d'illusion y a-t-il dans ces affirmations répétées? C'est ce que je voudrais examiner au cours de cette conférence [1].

Rien n'est en effet plus séduisant et plus dangereux que l'esprit de système et nous aurons fait en France un progrès énorme, si nous consentons à étudier les questions de sang-froid, en nous guérissant de nos vieilles tendances à la critique qui brise les efforts les plus généreux, à l'autodénigrement qui est la maladie des faibles, et à l'emballement qui est toujours éphémère et ne ressemble en rien à la volonté consciente de sa force. Ténacité et persévérance dans l'effort sont deux qualités que nous devons certes emprunter à nos amis et alliés les Anglais, mais joignons-y un peu de la finesse et de la souplesse de notre autre alliée, l'Italie. Ne croyons plus qu'il n'y a qu'un remède, qu'une méthode bonne partout et dans tous les cas. Améliorer notre industrie ne consiste pas uniquement à copier l'organisation allemande ou l'outillage américain.

Sur l'organisation allemande tout a été dit et répété à satiété. Ce qu'il nous faut surtout en retenir, c'est la nécessité de l'union des efforts entre industriels et d'un changement dans la mentalité des administrations, dont le rôle ne doit plus être seulement de réglementer et de contrôler, ce qui entraîne des retards et des entraves nuisibles et crée un antagonisme certain, mais aussi d'aider et de soutenir notre commerce et notre industrie Il faut en un mot assurer des efforts coordonnés.

Quant à l'outillage et plus généralement aux méthodes de travail dans les usines, on nous invite à nous inspirer des mœurs américaines, qui donnent incontestablement des résultats remarquables. Quelles sont ces méthodes américaines? Par quels procédés et grâce à quelles circonstances permettent-elles de produire très rapidement et à bon marché avec une main-d'œuvre très chère et en général inférieure à la nôtre?

Une usine américaine est presque toujours installée pour produire des types bien déterminés, c'est ce qu'on appelle des types standards et la standardisation. Ces types sont en général étudiés avec le plus grand soin et dans leurs moindres détails. Un catalogue de machines américaines, par exemple, comporte l'énumération complète et les dessins de toutes les pièces entrant dans une machine; les moindres pièces sont inventoriées et numérotées; grâce à cette détermination précise et minutieuse, l'acheteur est toujours sûr d'obtenir dans un court délai, sans hésitation ni erreur possible, tout ce dont il peut avoir besoin pour l'entretien ou le remplacement des pièces usées ou brisées.

Le fabricant tire également de cette standardisation des avantages énormes; une ou plusieurs machines outillées spécialement sont constamment affectées au même travail sur la même pièce; les machines peuvent donc être groupées dans l'atelier de manière à éviter toute perte de temps et tout effort inutile. La matière première entre à une extrémité de l'atelier, subit les transformations successives en passant de machine en machine, de main en main. Les diverses pièces complètement usinées arrivent ensuite simultanément et parallèlement à l'atelier de montage où elles sont assemblées; rien n'est plus facile alors que d'installer le transport mécanique, non seulement d'un atelier au suivant, mais aussi, si cela en vaut la peine, d'une machine à la suivante. Dans l'atelier de montage chaque pièce qui arrive est mise en place au besoin par un spécialiste, devant lequel défilent automatiquement les machines en montage. Tout devient machinal et l'atelier lui-même n'est plus qu'une vaste machine marchant sans arrêt et sans à-coup. Le lapin

[1] Conférence faite à l'Ecole des Hautes Etudes sociales, le 11 janvier 1917.

Digitized by Google

pris dans l'engrenage ressort, comme on l'a dit par une image pleine d'humour, à l'état de conserve et de chapeau. Il ne faut pas croire, d'ailleurs, que cette organisation nécessite, surtout en mécanique, des machines spéciales, extrêmement ingénieuses; l'utilisation complète et constante de chaque outil permet surtout de choisir le plus perfectionné, le plus rapide, le plus économique; on trouve donc des tours revolvers qui portent plusieurs outils mis successivement et automatiquement en action, des perceuses multiples qui foreni simultanément et sans déplacer la pièce un grand nombre de trous, etc. Sauf quelques outilleurs qui préparent les outils avec une très grande précision, quelques contremaîtres qui règlent et mettent en route les diverses machines, la grande masse des ouvriers fait toujours le même travail, exécute toujours les mêmes gestes; il suffit d'apprendre à l'ouvrier à faire ces gestes, qu'il répétera indéfiniment; véritable manœuvre, il n'a nul besoin d'être un spécialiste, formé par un long apprentissage et prêt à exécuter tous les travaux de son métier.

Cette répétition par le même ouvrier des mêmes gestes pour produire la même pièce a conduit à une autre méthode distincte de la standardisation, mais qui en est cependant la conséquence immédiate et nécessaire, c'est ce que l'on appelle la méthode de Taylor ou la taylorisation. Il faut, en effet, non seulement que les pièces soient produites au moindre prix, mais aussi et surtout qu'elles arrivent exactement dans la proportion voulue dans un temps donné, de manière à éviter tout à-coup dans la marche de l'usine. De là découle la nécessité, pour fixer le nombre de machines et d'ouvriers à affecter à leur fabrication, de déterminer avec précision le temps nécessaire à l'exécution d'un travail donné, de le chronométrer, et d'opérer une sélection des ouvriers, en écartant tous ceux qui ne peuvent marcher du même pas, qu'ils soient insuffisants ou trop habiles.

On a fait grand bruit autour de la méthode de Taylor et préconisé son introduction dans nos usines. Mais je n'ai guère vu que l'on ait exposé les vrais motifs et les conditions de son application, qui sont, je le répète, d'organiser l'exécution d'un travail déterminé en quantité correspondante aux besoins de l'ensemble de la fabrication, tout autant que d'abaisser le prix de revient; cet abaissement est bien plutôt obtenu par la marche harmonique de l'usine et par le fait que la fabrication une fois montée, quand les ouvriers ont acquis le tour de main, peut se poursuivre sans désemparer, sans les pertes de temps et les frais généraux, qui seraient inévitables si la production inférieure aux besoins paralysait la marche de toute l'usine ou si, au contraire, elle était supérieure aux besoins et qu'il fallût par suite utiliser momentanément les ouvriers et l'outillage à un autre travail, pour lequel ils n'ont pas été préparés ou pis encore arrêter les machines et congédier les ouvriers.

L'exemple de la méthode de Taylor, donné dans une brochure d'ailleurs très bien faite, d'un ouvrier transportant des pierres dans une brouette est, à ce point de vue, particulièrement malheureux et justifierait les oppositions très vives que soulèvent dans les milieux ouvriers les nouvelles idées préconisées. Au lieu de mettre en lumière l'ensemble des opérations, on insiste sur la partie faible de la méthode, la détermination du prix de revient et du rendement par empirisme, en traitant l'ouvrier comme une machine inintelligente. Présentée ainsi, la méthode révolte l'ouvrier et déplait à l'usinier qui sait au contraire que pour réussir il doit toujours faire appel à l'intelligence et à l'initiative de ses collaborateurs. Ce serait une grosse maladresse que de tuer cette initiative intelligente, qui caractérise l'ouvrier français.

En résumé, le développement extraordinairement intéressant des grandes usines américaines est avant tout basé sur la reproduction indéfinie d'un type bien déterminé ou standard; lorsqu'il devient nécessaire de modifier un type démodé, autrement que dans un détail, c'est toute une organisation nouvelle à étudier, une nouvelle répartition du travail, c'est-à-dire des machines et des ouvriers à mettre au point, de nouvelles études et de nouveaux catalogues à préparer. Il en résulte une dépense considérable, devant laquelle le fabricant américain ne recule jamais, mais qu'il n'engage que lorsqu'il a tiré de sa fabrication, de son type standard tout ce qu'il pouvait en tirer.

Il est bien évident qu'il n'eût pas suffi de décider que la fabrication serait limitée à l'exécution des types standards, mais qu'il a fallu obtenir aussi de la clientèle qu'elle les accepte tels qu'ils sont produits et renonce à demander des produits spéciaux, plus étroitement adaptés à ses besoins. L'étude et la création de modèles spéciaux, construits en petit nombre, n'est pas en effet seulement très coûteuse; elle immobilise un personnel d'ingénieurs, de spécialistes et d'ouvriers, dont le temps pourrait être employé d'une manière plus fructueuse. Si les acheteurs avaient exigé ces produits spéciaux, toute la combinaison se serait écroulée.

Le succès a été dû aux circonstances dans lesquelles est née et s'est développée l'industrie aux États-Unis. Ces circonstances sont bien connues : l'industrie américaine a été créée de toutes pièces, très rapidement, dans un pays neuf que ne gênait aucune habitude, aucune tradition commerciale; elle s'est adressée à une clientèle plus désireuse d'aboutir vite que de perdre un temps précieux à la recherche de perfectionnements. Cette clientèle est devenue très rapidement assez nombreuse pour absorber la production intensive d'immenses usines; la création de trusts, assez puissants pour imposer leur volonté, a discipliné l'industrie qui s'est formée à l'abri de droits protecteurs très élevés. L'Amérique est un pays jeune qui n'a encore songé qu'à satisfaire un robuste appétit avec des mets simples : elle ne connaît pas les raffinements des peuples plus vieux, qui recherchent plus de variété, plus de goût, plus d'art dans la satisfaction de leurs besoins.

Cette différence fondamentale apparaît avec une netteté frappante quand on examine le rôle de l'industrie américaine sur les marchés extérieurs. Deux faits très nets et très simples suffisent, parmi beaucoup d'autres, à le définir.

Digitized by Google

A diverses reprises les grands industriels américains ont essayé d'installer en Europe de vastes usines fonctionnant suivant les méthodes américaines. Les résultats financiers ont été déplorables et celles de ces entreprises qui ont pu être sauvées du naufrage ne l'ont été qu'en se pliant aux méthodes européennes. Je ne puis malheureusement citer de nom, pour des motifs faciles à saisir: aussi quoique cet exemple soit plein d'enseignements pour ceux qui seraient tentés de recommencer une expérience malheureuse, je dois me contenter d'y faire allusion, sans plus de détails.

Je passerai donc de suite à un second ordre de faits, pour lequel le même obstacle n'arrêtera pas nos investigations, je veux parler de l'importance et de la nature des importations américaines en Europe. Je prendrai comme base les importations en France pendant l'année 1911. Elles se sont élevées à 827 000 000 fr environ; sur ce très gros chiffre, les matières premières comme le coton, qui a été introduit pour plus de 433 000 000 fr, entrent pour près de 90 pour 100. Parmi les produits fabriqués, notre examen portera uniquement sur ceux qui ont donné lieu à un mouvement d'affaires de plus de 1 000 000 fr.

Les machines et mécaniques représentent plus de 60 pour 100 des objets fabriqués introduits en France pour une valeur de 53 000 000 fr. Si l'on examine les choses de plus près, on constate que 48 000 000 sur 53 000 000 sont fournis par quatre articles seulement :

Machines agricoles.....	30	millions
Machines à écrire.....	7,5	id
Machines-outils.....	4	id
Pièces détachées.....	4,5	id

encore faut-il noter que les pièces détachées ne constituent pas en réalité un article distinct; ce sont surtout des pièces de rechange qu'il faudrait, en réalité, grouper avec les machines correspondantes.

Si l'on continue à dépouiller la statistique, on trouve les ouvrages en caoutchouc et gutta-percha qui entrent pour plus de 5 000 000 fr, dont il y aurait toutefois lieu de déduire pour 1 000 000 fr environ de caoutchouc en feuilles, véritable matière première et les pneumatiques qui accompagnent les automobiles et les cycles.

Les outils et ouvrages en métaux ont atteint 3 000 000 fr; le papier et les ouvrages en papier entrent pour le même chiffre; mais il y a lieu d'en retirer comme ne constituant pas des produits industriels, dans le sens qui nous occupe, 2 600 000 fr de journaux et imprimés.

Les autres articles à signaler sont :

Les ouvrages en peau.....	2,8	millions
La carrosserie et les automobiles...	2,5	id
Les produits chimiques.....	2	id
Les meubles et ouvrages en bois...	2	id

dans ces derniers sont compris les frises à parquet et les tonneaux en fer; nous savons quelles surprises ménage toujours l'étude de la classification douanière.

Le nombre des articles de fabrication standard, qui ont pu prendre une place importante sur notre marché, est donc des plus limités. Les seuls qui méritent de retenir l'attention sont :

Les machines agricoles,
Les machines à écrire,
Les machines-outils,
Les pneumatiques,
Certains outils.

Ce résultat est éminemment instructif.

Si l'on examine la contre-partie, les exportations de France aux Etats-Unis, qui se sont élevées pendant la même année 1911 à 460 000 000 fr, on constate que plus des deux tiers se composent de produits fabriqués au lieu de 10 pour 100 aux importations; ce sont surtout des tissus, des vêtements, de la lingerie, des articles de luxe et de toilette, de la parfumerie, de l'horlogerie, de la coutellerie, de la bijouterie, des objets d'art, etc..., tous articles pour lesquels la fabrication en série serait un non-sens.

On devrait peut-être ajouter, pour compléter ce tableau que, si l'Amérique a pu importer en si grandes quantités des machines et mécaniques, la cause en est pour beaucoup à la politique douanière de notre pays qui a eu pour résultat, en protégeant la grosse métallurgie beaucoup plus efficacement que l'industrie mécanique, de rendre pour cette dernière la lutte particulièrement dure et inégale. Mais, entrer dans l'examen de cette question m'écarterait trop de mon sujet et m'exposerait au reproche d'accumuler les arguments pour démontrer qu'il n'y a rien à emprunter aux procédés de fabrication, à l'outillage des grandes usines américaines. Telle n'est pas ma pensée; bien au contraire, j'estime que nous pouvons tirer un grand profit de l'étude de ces méthodes et qu'il y beaucoup à leur emprunter.

Ce que j'ai cherché uniquement à montrer, c'est que ni le milieu, ni les circonstances ne sont les mêmes et qu'une copie servile et irréfléchie conduirait à un échec certain. Ce qui prouve que l'application faite avec à propos de ces méthodes en France peut être excellente, c'est ce qui se passe actuellement pour la fabrication du matériel de guerre et notamment pour les obus. Au début, quand on a essayé de monter cette fabrication en utilisant n'importe quel atelier, la production a été faible et les prix de revient excessifs. Mais bientôt des ateliers neufs se sont montés; les machines ont été bien choisies, groupées méthodiquement et dans la proportion voulue pour éviter les mains-d'œuvre inutiles et assurer une marche continue et harmonique; les ouvriers ont appris à réaliser rapidement et avec un minimum de fatigue un travail qui restait toujours le même; on a pu remplacer progressivement beaucoup d'ouvriers spécialistes par des manœuvres et par des femmes et, comme en Amérique, on est arrivé à produire vite et à bon marché. Certaines de nos usines sont véritablement installées à l'américaine; on y pratique, inconsciemment peut-être, la standardisation et la taylorisation et le résultat est excellent.

Les méthodes américaines peuvent donc avoir en France un plein succès, quand on les applique à propos.

Digitized by Google

Notre industrie en tirerait même un avantage particulièrement précieux, celui de n'être obligée de faire appel que dans une mesure très limitée à la main-d'œuvre spécialisée, qui sera très rare, très recherchée, et par suite très exigeante et très chère; la grande majorité des ouvriers pourrait être recrutée parmi les femmes et parmi les manœuvres, que nous pourrions trouver au besoin dans les pays de protectorat et les colonies.

La liste des industries qui pourront se placer dans ces conditions particulièrement avantageuses comprendra tout d'abord, par un paradoxe singulier, précisément celles des industries qui étaient avant la guerre les plus négligées et les plus concurrencées par l'étranger : les machines agricoles, les machines à écrire, les machines à coudre, les machines-outils, etc. Pour toutes ces fabrications l'éducation de la clientèle est faite; elle est prête à accepter des machines standards et non à imposer ses fantaisies, à une condition cependant, c'est que les catalogues de pièces de rechange soient aussi soigneusement étudiés qu'en Amérique et qu'elles puissent être fournies à bas prix, dans un très court délai, sur le simple envoi d'une lettre où d'une dépêche désignant le nombre et le numéro des pièces à fournir; ce sera, entre parenthèses, une petite révolution dans la mentalité de nos industriels, qui ont trop souvent pris l'habitude de vendre les pièces de rechange à des prix et avec un bénéfice exagéré, erreur grave à tous points de vue.

En dehors de ce terrain défriché à l'avance et où la récolte est assurée pour l'industriel actif et intelligent, le problème se complique singulièrement. Notre marché intérieur, en admettant même qu'il renonce à de très vieilles habitudes, est trop étroit pour alimenter de vastes usines; ces dernières ne pourront prospérer que par l'exportation et se heurteront alors à la variété des goûts et des besoins des divers pays à desservir. On nous a répété assez souvent, pour que nous ne puissions pas l'oublier, que le secret pour réussir sur les marchés étrangers consistait à leur fournir ce qu'ils désirent, ce qu'ils ont l'habitude de consommer, au lieu d'essayer de leur imposer une marchandise façonnée à notre goût. Cette nécessité s'est imposée à tous les pays exportateurs, comme l'Angleterre et l'Allemagne, et c'est précisément parce que les Américains n'ont pas pu, en raison même de leur organisation, se soumettre à cette règle élémentaire que leurs exportations sont restées limitées à quelques articles très spéciaux.

L'application intégrale des méthodes américaines d'utilisation intensive d'un outillage spécialisé devra donc forcément être restreinte à quelques industries. Est-ce à dire que nous n'ayons pas d'autre enseignement à tirer de ces méthodes? Ce serait une erreur aussi grave que de les appliquer mal à propos.

Si nous ne pouvons pas toujours spécialiser nos usines pour un seul type de machine ou de produit, il est cependant nécessaire d'y mettre un peu d'ordre. Il faut que dans l'usine, les ateliers se spécialisent, que les vieilles usines où les machines ont été ajoutées petit à petit, sans ordre, suivant les hasards des besoins et des commandes, soient remaniées de fond en comble, que l'on n'hésite pas à mettre à la ferraille les vieilles machines démodées, qui gaspillent le temps de l'ouvrier et la force motrice, que l'on remplace les transmissions à longue distance par arbre et courroie, où se perd une quantité d'énergie invraisemblable, par des moteurs électriques à action directe autant que possible ou en tout cas ne conduisant qu'un petit nombre d'outils convenablement groupés.

S'il s'agit de grandes usines, il est indispensable d'affecter chaque hall à une nature de produits déterminés, d'y installer les machines-outils dans un ordre rationnel, correspondant à la marche de la fabrication, de le munir de toutes les machines nécessaires, de manière à éviter le transport des pièces à travailler d'un bout de l'atelier à l'autre ou d'un atelier dans un autre ; on pourra alors choisir des machines bien appropriées au travail à effectuer; les ouvriers effectés à la fabrication auront à faire un travail qui sera toujours du même genre, sinon identique, et par suite il suffira d'un petit nombre de spécialistes pour régler et mettre en route les machines-outils dont la conduite pourra être confiée à des non-professionnels. Cette organisation permettra de traverser plus facilement la crise de main-d'œuvre qui est tant à redouter et simplifiera la question si délicate de l'apprentissage.

Le chef d'un atelier ainsi spécialisé sera tout naturellement amené à étudier, à essayer des perfectionnements dans les modèles et l'outillage de nature à diminuer le prix de revient et à augmenter le rendement; il signalera au bureau d'études et de dessin les modifications avantageuses. Lorsque le même chef a sans cesse à faire exécuter des pièces différentes, il n'a pas le temps de voir si une modification de forme, en apparence insignifiante, permettrait par exemple de diminuer le nombre des opérations à faire à la machine-outil ou l'exécution simultanée de plusieurs opérations avec une machine à outils multiples. Une fois ces machines spéciales montées, il sera entraîné, pour les utiliser pleinement, à désirer la standardisation de certains organes; des machines très différentes peuvent en effet être conçues avec des parties communes; l'espacement de certains trous ou leur diamètre peuvent par exemple rester le même. Dans cet ordre d'idées un chef attentif et réfléchi peut, à condition d'opérer dans un atelier spécialisé, faire réaliser des économies considérables.

Quant au directeur, il devra disposer d'un bureau d'études et de dessin bien monté, dont l'attention devra être constamment tendue vers la recherche de tout ce qui pourra réduire le prix de revient, qui, au lieu de faire pour chaque type une création entièrement nouvelle, sache tenir compte des indications du praticien. On a uniformisé les vis, c'est bien, mais ce n'est qu'un tout petit commencement et il y a bien d'autres choses à uniformiser. Les modèles établis à grands frais ne devraient pas s'entasser indéfiniment, mais au contraire être réutilisés aussi souvent que possible. Si la standardisation du produit fini lui-même est irréalisable, la standardisation de certaines parties ou dimensions peut presque toujours s'effectuer. Est-ce que toutes les douilles de

Digitized by Google

lampes électriques à incandescence ne sont pas interchangeables, quelles que soient la puissance de la lampe et la nature de son filament? Est-ce que les étoffes les plus variées comme dessin ne s'exécutent pas dans les mêmes largeurs et sur les mêmes métiers? La standardisation ainsi comprise est toujours largement possible et sera d'autant plus facilement réalisée que l'atelier sera plus spécialisé. Elle peut très avantageusement s'élargir par des ententes entre fabricants pour uniformiser certaines parties de la fabrication, tout en laissant à chacun la liberté dont il a besoin pour apporter dans l'exécution et même dans la conception les perfectionnements et les améliorations qui lui sont personnels.

En résumé, chaque atelier d'une grande usine devrait être spécialisé pour la fabrication d'un genre de produits déterminé et se rapprocher ainsi de l'usine américaine. Mais il faut pour cela que le fabricant renonce à l'idée fausse qui le pousse trop souvent, sous prétexte d'augmenter son chiffre d'affaires, à accepter la commande en quelques exemplaires d'un produit qui ne rentre pas dans sa fabrication usuelle; il risque pour un bénéfice insignifiant de désorganiser ses ateliers. Qu'il ne veuille pas surtout exécuter tout lui-même; s'il n'a besoin de certaines pièces qu'en petit nombre, qu'il n'hésite pas à les demander à un spécialiste; les gros fabricants du même métier ne sauraient faire œuvre plus intelligente que de se concerter à ce point de vue; en groupant leurs commandes de certains produits accessoires, ils arriveront souvent à un total suffisant pour alimenter une fabrication spéciale et continue.

Au lieu de ruiner par une concurrence coûteuse les petits ateliers, les grands industriels devraient au contraire leur assurer pour une fabrication spécialisée un courant d'affaires suffisant pour les faire vivre et prospérer, tout en se délivrant eux-mêmes de détails qui font perdre à tout le monde un temps précieux et par suite en abaissant leur prix de revient final. Si un électricien voulait exécuter lui-même les roulements à billes dont il a besoin, il ne les obtiendrait pas aussi parfaits et à aussi bas prix qu'en s'adressant au spécialiste muni d'un outillage mis au point par une longue pratique; personne aujourd'hui ne songerait à procéder autrement. Il y a bien d'autres cas analogues auxquels il vaut la peine de songer; avec un peu de bonne volonté, on en trouvera même beaucoup plus que l'on ne croit.

Une étude de ce genre, poussée d'un commun accord par un groupe d'industriels, a conduit à un résultat que je crois devoir signaler en passant. Les intéressés ont reconnu qu'en réunissant leurs commandes d'un certain produit qu'ils achetaient à l'étranger, on arrivait à un total suffisant pour en monter la fabrication en France.

Ces industriels en s'entendant ont permis de créer une industrie nouvelle qui prospérera et nous dispensera d'un tribut payé sans raison au dehors.

On ne saurait trop insister sur l'urgence d'organiser la collaboration de la grande et de la moyenne industrie. Cette moyenne industrie est en effet celle qui a le plus besoin de se transformer et qui en a généralement le moins les moyens. Les ateliers sont le plus souvent vieux, mal aérés, mal éclairés, malsains; l'outillage est forcément médiocre puisqu'il doit servir aux usages les plus variés, ce qui interdit l'installation de machines spéciales à travail rapide et économique; la conséquence immédiate de cet état de choses est l'impossibilité de réduire la main-d'œuvre comme il serait si utile de le faire. Si rien n'était changé à leur fonctionnement, les usines de la moyenne industrie seraient destinées à disparaître et il ne resterait plus que le tout petit atelier, exempt de frais généraux, et la grande industrie qui prendrait un accroissement dangereux pour sa prospérité même, obligée qu'elle serait de perdre beaucoup d'argent et de main-d'œuvre pour exécuter des travaux accessoires, qui l'encombreraient sans profit. Il y a bien assez de ruines en France sans en ajouter d'autres par notre faute; ce serait en outre une injustice, car il y a dans ce milieu de la moyenne industrie d'excellents éléments et une pépinière d'hommes intelligents, dignes d'intérêt et capables de rendre les plus grands services.

Il est donc avantageux pour tous de les sauver; la grande industrie serait impardonnable de ne pas le comprendre, elle doit les faire vivre en leur assurant des commandes et en leur avançant au besoin les capitaux nécessaires pour transformer et spécialiser leurs ateliers.

La question de l'outillage dans l'industrie est, nous venons de le voir, intimement liée à celle de la spécialisation et de la standardisation, poussées à l'extrême en Amérique, mais certainement aussi trop peu comprises et développées en France. C'est pourquoi j'ai cru devoir exposer dans quelle mesure et sous quelles formes les méthodes américaines pouvaient être introduites dans nos usines. A condition d'éviter une copie servile et maladroite, nous avons en industrie largement à nous inspirer de ces méthodes. Mais si l'on quitte le domaine industriel et si l'on aborde ceux des transports, de la manutention et des travaux agricoles, la question de l'outillage devient presque la seule base des améliorations à envisager pour diminuer les dépenses et résoudre l'angoissant problème de la main-d'œuvre.

La nécessité de développer l'outillage de nos transports terrestres, fluviaux et maritimes est universellement reconnue. Mais il ne s'agit pas seulement de vulgariser l'usage de l'automobile de commerce et d'approprier nos routes à ce nouveau mode de circulation, de construire de nouvelles voies ferrées, d'améliorer la navigation fluviale, d'exécuter tout un nouveau réseau de canaux, déclarés depuis longtemps indispensables, d'agrandir nos ports, de rénover notre marine marchande, de reconstituer et de développer en un mot ce que l'on a appelé notre outillage national, ce qui est non moins urgent et ce qui d'ailleurs rentre seul dans le cadre de cette conférence, c'est dans tout ce domaine de créer, de modifier, d'intensifier l'outillage mécanique, dans le double but d'économiser la main-d'œuvre et surtout de mieux utiliser, en les acheminant rapidement, en les chargeant et en les déchargeant dans le moindre délai, les wagons et les bateaux dont nous disposons. Partout et dans toutes les branches de l'industrie des

Digitized by Google

transports, la manutention mécanique devrait être aussi largement que possible substituée au chargement, au déchargement et au transport à bras ou à dos d'homme. L'outillage des grandes gares et des ports s'est, à ce point de vue, révélé comme totalement insuffisant, pour ne pas dire inexistant ; l'outillage du port de Paris que nous avons tous les jours sous les yeux est particulièrement lamentable ; l'ensachage et le débarquement du plâtre qui arrive en vrac dans les péniches immobilise un grand nombre d'hommes qu'il faudrait au plus vite remplacer par des engins mécaniques ; la pierre, le sable déchargés sur les quais au moyen de grues flottantes s'y entassent en montagnes inesthétiques que viennent trop souvent délayer et emporter les crues, d'où des pertes de matières et des frais de dragages parfaitement évitables ; l'enlèvement se fait en effet beaucoup trop lentement, suivant les besoins de la consommation au détail, par des tombereaux que l'on charge péniblement à bras d'homme ; les frais d'installation de grues sur quai, servant au déchargement des bateaux comme au déchargement des tombereaux seraient vite amortis par l'économie d'une main-d'œuvre chaque jour plus coûteuse. On pourrait multiplier sans fin les exemples, qu'il s'agisse de bois, de vin ou des marchandises variées qui arrivent et qui devraient arriver en bien plus grande quantité sur le port de Paris.

Pourquoi en effet le port de Paris reçoit-il presque uniquement du charbon et des matériaux de construction, alors que les marchandises de toute nature encombrent les voies ferrées et les gares de transit et de triage; quelle nécessité y a-t-il de faire transiter, par rails, les marchandises destinées aux directions les plus diverses, ce qui entraîne d'énormes pertes de temps et des frais inutiles de manipulations ou de transbordement dans les gares, alors qu'il devrait être si facile de les acheminer directement par la voie d'eau. C'est que cette dernière est mal utilisée; faute d'une organisation et d'un outillage convenable, la durée du trajet entraîne des taux de frets bien supérieurs à ce qu'ils pourraient et devraient être, sans parler des journées de planche et des surestaries. On peut activer le chargement et le déchargement à quai avec un outillage convenable; mais il n'est pas moins important d'activer la marche des bateaux; sur les canaux le halage mécanique, qui n'est encore que l'exception, devrait remplacer beaucoup plus souvent le halage par chevaux ou à bras d'hommes ; sur les rivières, combien d'écluses sont dépourvues de l'outillage mécanique indispensable pour activer l'entrée et la sortie des bateaux ainsi que la manœuvre des portes; l'organisation méthodique du remorquage et l'installation de l'éclairage permettant la navigation de nuit diminueraient également dans une large proportion la durée des trajets; le nombre des voyages exécutés par une péniche ou un chaland au cours d'une année est dérisoire; son augmentation entraînerait automatiquement une baisse importante du fret. La capacité de trafic de la voie fluviale et du canal augmenterait aussi, et le capital énorme qui représente les frais de premier établissement de ces voies d'eau serait mieux utilisé.

Ce qui est vrai de l'outillage des ports et des gares l'est également dans toutes les industries où l'on a des marchandises à manutentionner, comme dans les magasins et entrepôts du commerce; il y a urgence à libérer d'un travail qui peut être exécuté mécaniquement un nombre incalculable de manœuvres. L'industrie du bâtiment comme celle des travaux publics sont à cet égard singulièrement en retard sur ce qui est depuis longtemps de pratique courante en Amérique.

Quelques grands entrepreneurs à Paris commencent à utiliser, dans des constructions importantes, des engins mécaniques qui non seulement élèvent les matériaux, mais aussi les transportent au point précis où ils doivent être employés; mais ce ne sont encore que de rares exceptions, et l'on continue généralement à employer la vieille sapine, avec son treuil trop souvent mû à bras ; les matériaux lentement et péniblement élevés sont ensuite répartis par les moyens les plus primitifs: les moellons, les briques, le plâtre, le mortier et tous les matériaux quelconques n'arrivent sur les échafaudages à la disposition du maçon qu'à force de bras et avec une lenteur désespérante. Si l'on additionnait la main-d'œuvre que l'on pourrait économiser avec un outillage moderne, en se limitant même aux grandes villes, on trouverait une véritable armée de travailleurs. Aujourd'hui où les distributions de force motrice pénètrent partout, la survivance de pareils usages serait plus qu'une faute.

Pour les terrassements la situation est pire encore; dans les grands chantiers en Amérique on ne voit que dragues, excavateurs, pelles à vapeur, graders, transporteurs par rails ou aériens, tandis que nos terrassements en France sont trop souvent exécutés bien lentement par des nuées de piocheurs et de pelleteurs. Avez-vous jamais fait attention à ce qu'est, à Paris, une fouille d'égout, le nivellement du sol pour l'établissement d'une chaussée, la pose d'une canalisation de gaz? Certes, vous avez maugréé contre la durée prolongée de travaux qui entravent indéfiniment la circulation; mais vos plaintes auraient été autrement vives, si vous aviez pu comparer l'exécution rapide des mêmes travaux avec des machines appropriées. Et cependant s'il y avait quelques terrassiers de moins à Paris, ce serait autant d'ouvriers qui pourraient faire un travail moins brutal et plus utile. S'il est vrai que l'homme reçoit l'empreinte de son métier, le niveau moral et intellectuel de l'ouvrier terrassier actuel ne pourra que se relever, s'il n'est plus condamné à un travail qui ne demande guère que de la force.

Je ne saurais terminer ce rapide coup d'œil sur le champ immense ouvert au développement de l'outillage mécanique, sans dire quelques mots de l'outillage agricole. A l'exposition de Turin, en 1911, la maison Siemens, de Berlin, ne s'est pas contentée de distribuer un catalogue très complet de l'outillage mécanique de la ferme; elle montrait au public des vues cinématographiques, où défilaient non seulement des tracteurs, et l'outillage très complet d'une grande ferme, mis naturellement en action par l'énergie électrique, mais aussi l'on voyait l'exécu-

Digitized by Google

tion extra rapide d'un labourage profond par des charrues multiples actionnées mécaniquement. J'ai eu, depuis, l'occasion de m'assurer que ces vues correspondaient à des installations très réelles et largement répandues, notamment en Silésie et en Prusse orientale. En France, nous étions terriblement en retard, mais il faut reconnaître que, s'il reste énormément à faire, des efforts sérieux se font de tous côtés pour remédier à un mal, dont la gravité était telle que notre production agricole aurait été sérieusement menacée.

Peut-être, pourrait-on reprocher à ce trop long exposé de n'avoir pas répondu au titre de la conférence; car je vous ai plutôt entretenus de l'utilisation et de la diffusion de l'outillage que de l'outillage lui-même. Ma seule excuse est d'avoir voulu éviter les questions purement techniques, qui n'intéressent que les spécialistes et ne sont bien connues d'eux que dans la branche d'industrie à laquelle ils appartiennent. J'ai pu éviter ainsi de laisser trop voir mon incompétence dans bien des branches, mieux mettre en lumière quelques idées générales auxquelles j'attache pour ma part une grande importance et peut-être mettre au point quelques opinions qui, faute de s'être assouplies au contact de la pratique, se présentent sous la forme de principes trop rigides et parfois dangereux. Soyez certains que nos industriels dont le rôle pendant la guerre a été d'autant plus méritoire qu'ils ont dû créer de puissantes usines, sans personnel, sans outils et sans matières, apporteront la même ardeur et la même intelligence pratique à rénover l'outillage et les méthodes de nos ateliers et à créer ainsi rapidement plus de richesses encore qu'il n'en a été détruit au cours de la terrible lutte, à laquelle nous assistons.

R. Legouez,
Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Administrateur des Ateliers de Constructions électriques du Nord et de l'Est.

Assemblées générales

Compagnie générale du gaz pour la France et l'étranger,

Assemblée générale ordinaire du 30 novembre 1916.

La Compagnie générale du gaz pour la France et l'étranger exploite, comme on sait, de nombreuses usines à gaz et distributions d'électricité, en Belgique, en Orient et en France. L'exercice 1915-1916 s'est ressenti, plus défavorablement encore que le précédent, de l'état de guerre; la Société n'a pu faire état dans ses comptes de ses affaires de Belgique dont elle est sans nouvelles; et ses stations d'Orient, Athènes et Bucarest ont supprimé ou tout au moins fortement diminué leurs dividendes. Les résultats de ses usines à gaz en France à Brest, Le Blanc, Etampes, Loches, Louviers, Narbonne, Pau, Poitiers, Provins, Tours, et de ses centrales électriques de Loches, Louviers, Pau, Poitiers, Provins et Tours se sont élevés pour l'exercice à 183 213 fr contre 1 433 385 fr pour l'exercice précédent.

La Compagnie, pour remédier en partie à cet état de choses, a notamment demandé dans les diverses villes qu'elle éclaire un relèvement des prix du gaz. Avec certaines d'entre elles, elle a pu arriver à une solution amiable; pour d'autres, elle a dû s'adresser aux tribunaux administratifs. Malgré tout, ses engagements ont été tenus vis-à-vis des villes et des particuliers, et elle a pu assurer jusqu'à présent le service de ses obligations.

Le solde créditeur des comptes profits et pertes se montant à 2 779 099 a été reporté à nouveau.

Bilan au 30 juin 1916.

Actif.

		fr
Premier établissement :	Usines	27 510 851,64
	Titres et participations	28 597 517,05
Actionnaires		3 550 000 »
Obligations en portefeuille amorties		252 500 »
A reporter		60 310 868,69
Report		60 310 868,69
Frais d'émission et prime de remboursement des obligations		2 914 638,10
Marchandises		2 614 979,19
Installations en location		2 456 862,14
Mobilier		33 375,34
Bons de la Défense nationale		2 000 000 »
Caisses et banques		3 354 812,58
Débiteurs		11 997 414,38
		88 682 850,32

Passif.

	fr
Capital actions	32 500 000 »
Obligations	29 415 000 »
Obligations amorties	7 585 000 »
Réserve	3 250 000 »
Fonds de prévoyance	8 350 000 »
Fonds de retraites	500 000 »
Créanciers	4 303 751,14
Profits et pertes	2 779 099,18
	88 682 850,32

Compagnie électro-mécanique,

Assemblée générale extraordinaire du 5 janvier 1917.

L'Assemblée générale extraordinaire, réunie le 5 janvier dernier sous la présidence de M. Ferrand, a décidé de porter le capital de la Société de 10 à 15 millions par la création de 10 000 actions de 500 fr; un droit de préférence devant être réservé aux anciens actionnaires dans des conditions à déterminer par le Conseil.

Nous rappellerons que les résultats du dernier exercice écoulé, présentés à l'Assemblée ordinaire du 23 juin dernier, avaient permis de distribuer un dividende de 5 pour 100 aux actions après attribution d'une somme de 26 315 fr à la réserve légale, de 618 579 fr à divers amortissements et de reporter à nouveau 76 685 fr.

La Compagnie électromécanique a vu pendant cet exer-

Digitized by Google

cice ses usines reprendre une activité considérable. Sans parler des installations spéciales, créées par la production des munitions, elle a en outre livré, pour les besoins des industries nouvelles contribuant à la défense nationale, de grandes quantités de matériel électrique et des turbo-génératrices.

C'est ainsi que la puissance totale des groupes installés ou en construction pour la défense nationale depuis le début de la guerre jusqu'au 31 octobre 1916, a été de 245 675 ch correspondant à 63 groupes.

Le bilan, au 31 décembre 1915, se présentait comme il suit :

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1915.

Actif.

	fr
Actif liquide	2 835 134,80
Titres en portefeuille	1 860 534,50
Débiteurs divers	7 205 439,84
Paiements anticipés aux fournisseurs	663 203,89
Marchandises en magasin	1 299 623,85
Dépenses sur affaires en cours	7 583 145,83
Machines finies en magasin	368 788,25
A reporter	21 816 870,96
Report	21 816 870,96
Brevets d'invention	1 »
Terrains	1 038 369,66
Immeubles	2 305 000 »
Immeubles-Paris	923 000 »
Machines-outils	2 106 000 »
Petit outillage	2 »
Mobilier bureaux	2 »
Mobilier fabrique	2 »
Modèles	2 »
Comptes divers	115 302,44
	28 293 552,06

Passif.

	fr
Capital social	10 000 000 »
Compte obligations	4 763 000 »
Coupons d'obligations restant à payer	131 836,84
Créditeurs divers	7 084 327,80
Règlements anticipés des clients	4 836 140,30
Réserve légale	125 256,35
Réserve spéciale	750 000 »
Bénéfices nets de l'exercice	603 000,77
	28 293 552,06

Revues, analyses et informations

Le développement de l'industrie danoise.

Une enquête faite dernièrement en Danemark montre les conséquences intéressantes de l'emploi de la force motrice dans l'industrie. Selon ses données, le développement de l'industrie danoise pendant la période 1906-1914 s'était faite dans le sens de la concentration des entreprises, celles de faible importance disparaissant au profit de l'accroissement des grandes sociétés. Le « Journal du Ministère des Finances Russe » donne dans son numéro du 7-30 février dernier le résumé d'une enquête danoise, d'où nous tirons également quelques renseignements intéressants sur l'application de l'énergie électrique à l'industrie du Danemark.

Du nombre total de 82 000 entreprises industrielles existant en Danemark près de 15 000 — à l'exclusion de celles qui utilisaient la force du vent ou de l'eau — employaient la force mécanique. Toute la force motrice, utilisée en 1914 par l'industrie danoise, formait 230 000 ch, sans compter la puissance des usines génératrices d'électricité qui s'élevait à 89 000 ch. Ces 230 000 ch étaient répartis entre 24 000 moteurs mécaniques.

Le tableau suivant montre le développement de l'emploi de la force motrice pendant la période de 1897-1914.

	1897	1906	1914
Nombre d'entreprises employant la force motrice	3 856	6 735	15 579
Nombre total de moteurs mécaniques	4 479	8 615	23 705
Puissance totale, en chevaux	48 057	113 336	230 455

En 1897, 5 pour 100 seulement des entreprises employaient la force motrice. En 1906 ce pourcentage s'est accru jusqu'à 8 pour 100; en 1914 il s'élevait déjà à 20 pour 100.

La majorité des entreprises utilisant la force motrice ne possèdent qu'un seul moteur mécanique. Néanmoins, le nombre de moteurs, comme le montre le tableau précédent, s'est accru plus vite que celui des entreprises qui les emploient. Sur 100 de ces dernières on comptait 116 moteurs en 1897, 128 en 1906 et 153 en 1914.

La puissance moyenne par moteur, qui était de 11 ch en 1897, s'élevait à 13 ch en 1906 et retombait à 10 ch en 1914. Cette diminution s'explique par l'accroissement considérable de l'emploi des petits moteurs électriques.

Ce sont les grandes fabriques qui utilisent surtout les moteurs électriques. Cependant la petite industrie commence aussi peu à peu à s'en servir. La force motrice trouve, en effet, son emploi dans presque toutes les industries. En outre, les centrales électriques, qui en 1897 ne disposaient que de 4 152 ch, ont accru leur puissance jusqu'à 22 093 ch en 1906 et 89 000 ch en 1914.

Quant au genre de moteurs mécaniques, employés par l'industrie danoise, il a subi les dernières années de grandes modifications. En 1906 encore près de la moitié des moteurs industriels étaient actionnés par la vapeur. Mais depuis, les moteurs à pétrole et surtout les moteurs électriques ont acquis un tel développement que les moteurs à vapeur ne forment plus actuellement, comme le montre le tableau ci-dessous, que le 1/7 des moteurs employés.

	NOMBRE DE MACHINES		PUISSANCE EN CHEVAUX	
	1906	1914	1906	1914
Machines à vapeur	4 212	3 952	94 306	135 376
Moteurs à pétrole	1 132	3 657	7 734	35 983
Moteurs électriques	1 787	14 789	5 014	44 298
Moteurs à gaz	1 484	1 307	9 282	14 798
Total	8 615	23 705	113 336	230 455

Digitized by Google

SECTION DE LÉGISLATION

La réglementation des salaires pour les fabrications de guerre

L'auteur examine, article par article, le règlement des salaires pour les fabrications de guerre dans la région parisienne et il étudie dans quelles conditions cette réglementation est applicable, en particulier dans les usines des constructeurs électriciens. Il distingue différents cas possibles, suivant que ceux-ci travaillent directement pour le ministère de l'Armement, ou pour d'autres services de la guerre ne dépendant pas de ce ministère.

La décision du ministre de l'Armement et des Fabrications de guerre qui a imposé aux patrons et aux ouvriers l'application, à partir du 29 janvier dernier [1], de certains « taux » et de certaines « conditions » de salaires, a naturellement provoqué, outre les discussions théoriques, des difficultés d'interprétation qui, en matière si complexe, ne pouvaient manquer d'être nombreuses et délicates.

Nous voudrions examiner ici, sinon essayer de résoudre, quelques-unes de ces difficultés.

Rappelons d'abord le texte :

Le ministre de l'Armement et des Fabrications de guerre décide :

1° Les taux et conditions de salaire énoncés dans le règlement annexé à la présente décision devront être appliqués au plus tard le 29 janvier 1917 à Paris et dans le département de la Seine, pour tous les ouvriers et ouvrières travaillant à la fabrication des armements, munitions et matériels de guerre et placés sous le contrôle du ministère de l'Armement et des Fabrications de guerre ;

2° Le chef du service de la main-d'œuvre au ministère de l'Armement est chargé de l'exécution de la présente décision.

Fait à Paris, le 16 janvier 1917.

Réglementation des salaires des ouvriers et ouvrières travaillant à la fabrication des armements, munitions et matériels de guerre, à Paris et dans le département de la Seine.

1° Les taux de salaires portés au tarif ci-après ne peuvent être considérés, en aucun cas, comme pouvant avoir comme effet de diminuer les salaires soit d'affûtage, soit aux pièces, qui seraient actuellement supérieurs.

Ces tarifs représentent, pour les taux d'affûtages, des salaires minima et pour les taux aux pièces les salaires horaires minima que doit atteindre un ouvrier moyen travaillant normalement. Mais ils n'éliminent, ni dans l'un ni dans l'autre cas, les salaires supérieurs.

2° *Taux d'affûtage.* — Un taux fixe d'affûtage est établi par professions pour Paris et le département de la Seine. Ce taux d'affûtage sera uniforme pour tous les ouvriers et toutes les ouvrières d'une même spécialité.

Le salaire le moins élevé doit assurer le minimum nécessaire à l'existence. Les primes, bénéfices, etc... constituent un supplément correspondant à la production plus grande des ouvriers et ouvrières mieux doués ou plus résistants.

Ces taux de salaire et le présent règlement seront affichés dans les usines, suivant les conditions prescrites par le contrôle de la main-d'œuvre.

3° *Travail aux pièces.* — Les tarifs de salaires aux pièces doivent être établis de façon à permettre à un ouvrier moyen, travaillant normalement, de se faire au minimum, sur la valeur du prix d'affûtage un boni déterminé par le tarif ci-après (salaire horaire minimum aux pièces).

L'industriel sera tenu, en cas de contestations, de faire la preuve que le tarif permet bien d'atteindre le boni prévu.

Il n'est prévu aucune limitation de prix pour le travail aux pièces.

4° *Primes, gratifications ou anglaises.* — Les ouvriers ou ouvrières dont le travail ne pourrait pas être donné aux pièces peuvent recevoir des primes ou gratifications sur le taux d'affûtage.

Le salaire minimum pour eux dans ce cas (taux d'affûtage plus cette prime ou gratification) doit s'établir à raison du prix minimum aux pièces des ouvriers de la même catégorie employés à la fabrication et travaillant aux pièces.

5° *Salaires des femmes aux pièces.* — Pour un travail exactement identique effectué dans les mêmes conditions par des hommes et par des femmes, le prix des pièces pour les ouvrières ne peut être inférieur à celui payé aux hommes. Si une partie du travail fait par les hommes (montage des machines, réglage des outils ou manutentions supplémentaires) n'est pas faite par les femmes ou si des ouvriers doivent être spécialement attachés à leur service pour permettre la fabrication, le prix total du travail des femmes, plus les frais généraux qu'il nécessite, ne peut être inférieur à celui payé aux hommes qui font le même travail en entier.

6° *Stabilité des tarifs aux pièces.* — Les tarifs des travaux aux pièces ne peuvent être diminués que dans le cas de modifications réelles de l'outillage ayant une influence sur la production et à proportion de cette modification.

Pendant la période de formation de l'ouvrier ou de l'ouvrière, ou pendant la période d'adaptation à un travail nouveau, le salaire dit à l'anglaise défini à l'article 4 paragraphe 2 ci-dessus.

7° *Malfaçon.* — Dans le cas où des pièces sont décomptées pour malfaçon à des ouvriers ou des ouvrières, ces pièces seront rendues inutilisables en leur présence, à moins que, au moyen d'une rectification, dont sera juge le contrôle, ces pièces puissent être utilisées.

Les salaires s'élèvent alors au taux des salaires gagnés, moins la rectification.

8° *Arrêt du travail pour des causes indépendantes de l'ouvrier.* — En cas d'arrêt du travail par accident de machine, manque de matière ou toute autre cause indépendante de l'ouvrier, il devra être remis à l'ouvrier ou à l'ouvrière un bon, représentant la perte du salaire subie pendant cet arrêt.

La somme ainsi représentée n'entrera pas dans le compte du travail aux pièces et à la prime.

Les heures ainsi perdues devront être payées au taux du salaire d'affûtage.

[1] Le texte de cette décision a été publié au *Bulletin des usines de Guerre* du 22 janvier 1917, n° 39, p. 305.

Digitized by Google

9° *Bons de travaux.* — Sur tous les bons de travaux aux pièces ou au boni, le taux d'affûtage régional et par spécialité devra toujours être indiqué, et séparément les diverses bonifications.

Les bons porteront le nombre des pièces fabriquées et le prix de l'unité, et devront être remis à chaque ouvrier au début du travail.

10° *Feuilles de paye.* — Les feuilles de paye seront établies suivant un modèle uniforme qui permettra aux ouvriers de se rendre compte facilement de l'égalité de traitement dans les différentes maisons; le modèle de cette feuille de paye sera établi par les soins du contrôle de la main-d'œuvre.

11° *Embauchage.* — Des règles seront établies pour fixer les conditions de débauchage et rembauchage; elles devront tout à la fois garantir les ouvriers contre les salaires inférieurs à leur capacité individuelle et assurer la régularité des fabrications nécessaires à la défense nationale.

12° *Amendes.* — Le système des amendes appliqué dans un certain nombre d'ateliers sera revisé par une commission mixte établie par les soins du ministère de l'Armement.

13° *Applications.* — Les difficultés d'application de la présente réglementation seront portées, pour les cas individuels, devant le contrôle de la main-d'œuvre, et pour les cas collectifs, devant la commission ci-dessus prévue.

Le salaire des catégories spéciales d'ouvriers ou d'ouvrières non désignées dans le présent tarif et qui ne rentreraient pas dans les catégories désignées seront établies sur des bases identiques par les soins de la même commission.

14° *Revision.* — Des modifications pourront être apportées au présent tarif à la demande ou des organisations patronales ou des organisations ouvrières.

Tarif minimum de base.

PROFESSIONS	AFFUTAGE	SALAIRE HORAIRE MINIMUM AUX PIÈCES DE L'OUVRIER MOYEN	OBSERVATIONS
1° *Non professionnels :*			
Hommes	0,80	1 »	
Femmes	0,65	0,75	
2° *Professionnels.*			
Ajusteurs petites mains	0,75	0,95	
Ajusteurs - monteurs vérificateurs	1 »	1,30	
Ajusteurs-outilleurs	1,10	1,40	
Tourneurs professionnels	1 »	1,30	
Tourneurs-outilleurs	1,15	1,45	
Fraiseurs	1 »	1,30	
Fraiseurs-outilleurs	1,10	1,40	
Mortaiseurs-raboteurs	1 »	1,30	
Rectifieurs	1 »	1,30	
Rectifieurs-outilleurs	1,10	1,40	
Ferblantiers-tôliers	0,95	1,25	
Chaudronniers	1 »	1,30	
Aides-soudeurs	0,75	0,95	
Soudeurs autogènes	1 »	1,30	
Forge.			
Forgerons-marteleurs professionnels	1,15	1,60	
Petite forge.			
Ouvriers forgerons à main, forgerons-outilleurs	0,95	1,35	

La première remarque qui s'impose est que le règlement du 22 janvier s'applique à tous les ouvriers mobilisés ou non, qui, à Paris ou dans le département de la Seine, travaillent pour le ministère de l'Armement à quelque titre que ce soit, mais qu'il ne s'applique qu'à eux.

Il ne s'applique donc pas hors de la région parisienne. Des règlements analogues sont à l'étude pour les autres régions, mais, jusqu'à nouvel ordre, les salaires restent libres dans les usines de ces régions.

Il ne s'applique pas non plus aux autres travaux de guerre, par exemple aux travaux qui sont faits pour le compte de la télégraphie militaire, de l'aviation, de l'intendance, etc...

Il sera difficile, évidemment, dans une usine travaillant pour plusieurs départements ministériels, de n'appliquer le barème officiel des salaires qu'aux ouvriers travaillant pour le ministère de l'Armement, et il ne paraît pas douteux que les patrons se verront obligés, par répercussion, d'unifier les salaires dans leurs usines. Mais il n'apparaît pas, d'autre part, qu'un recours direct puisse leur être ouvert de ce fait contre qui que ce soit.

Il résulte des articles 1, 2, 3, 4 du règlement que les salaires ne pourront être modifiés que dans le sens d'une augmentation.

Dans aucun cas, les nouveaux tarifs ne pourront consacrer ni autoriser une diminution des salaires actuels soit d'affûtage, soit aux pièces.

En ce qui concerne les salaires d'affûtage, le règlement ne les définit pas ; il précise seulement que ce sont des salaires minima « qui doivent assurer le minimum nécessaire à l'existence » et qu'ils devront être uniformes pour tous les ouvriers et toutes les ouvrières d'une même spécialité.

Toutes les administrations n'admettent pas ce dernier principe. Certaines d'entre elles, en particulier l'Administration des Postes et Télégraphes, ont toujours toléré, conformément au décret du 10 août 1899, que, dans les usines qui travaillent pour leur compte, on attribue à 5 pour 100 du personnel des salaires inférieurs au taux normal.

Cette tolérance permet, par exemple, qu'un patron puisse occuper des ouvriers à des emplois accessoires plutôt que de les remercier pour ne pas être obligé de leur payer le salaire normal.

Le règlement du ministère de l'Armement n'admet rien de pareil pour les salaires d'affûtage, mais c'est une question qui peut être utilement posée en vue de réglementations ultérieures.

Quant aux salaires aux pièces, ils sont calculés de façon à représenter ce que doit gagner « un ouvrier moyen travaillant normalement ». Ils doivent être établis de façon à permettre à cet ouvrier moyen travaillant normalement de se faire un boni minimum sur la valeur du prix d'affûtage.

Si une contestation s'élève, l'industriel devra faire la preuve (sans doute en citant l'exemple d'autres ouvriers) que le tarif permet d'atteindre le boni prévu. Il fera cette preuve soit, dans les cas individuels, devant le Contrôle de la main-d'œuvre, soit, dans les cas collec-

Digitized by Google

tifs, devant une Commission mixte (ou plus exactement comme nous le verrons plus loin) devant le Comité permanent de conciliation et d'arbitrage.

***

L'augmentation du prix de revient résultant de ces augmentations des salaires sera assez variable d'une usine à l'autre. Les usines dans lesquelles la main-d'œuvre spécialisée joue un rôle plus considérable seront plus gravement affectées par la réglementation nouvelle. C'est le cas, en particulier, des constructeurs-électriciens chez qui la main-d'œuvre comprend presque exclusivement des ouvriers de précision.

D'autre part, plus les salaires étaient bas avant la réglementation récente, plus le pourcentage de l'augmentation sera grand, et il y a là, comme on l'a fait observer, un grand désavantage pour les industriels qui, jusqu'ici, payaient à leurs ouvriers des prix relativement inférieurs.

Mais, quoi qu'il en soit, l'augmentation du prix de revient est certaine.

Quelle répercussion aura-t-elle sur les prix payés par l'État aux fournisseurs ?

L'Administration ne se dissimule sans doute pas que les marchés nouveaux qu'elle sera amenée à passer seront influencés par ces nouveaux salaires. Mais l'augmentation de prix pour les marchés futurs étant supposée admise, il ne s'ensuit pas nécessairement que les industriels auront un recours pour les marchés précédents.

L'Administration, en tout cas, ne fait pas mystère de son intention de refuser nettement toute augmentation.

Les industriels auront-ils intérêt à demander cette augmentation par les voies de droit ?

C'est assez douteux, et non pas seulement à raison de l'incertitude qui s'attache à tous les procès.

De deux choses l'une, en effet, *ou bien* l'Administration continuera à tenir pour bons et valables les marchés en cours, et l'industriel devra plaider pour obtenir peut-être — et dans combien de temps ! — une augmentation, *ou bien* le marché sera d'ores et déjà considéré par l'Administration comme annulé, et, dans ce cas, l'industriel sera mis en présence de nouveaux prix de fabrication qui, malgré la hausse de la main-d'œuvre, seront peut-être inférieurs aux prix qui étaient pratiqués lorsque les marchés en cours ont été passés.

A plus forte raison, les autres ministères, tels que les P. T. T. et la Marine, refuseront-ils de modifier leurs marchés en cours à raison des nouveaux salaires imposés par le ministère de l'Armement et auxquels ils sont restés étrangers.

***

Le paragraphe 8 du règlement expose les industriels à un autre risque pécuniaire qui peut n'être pas moins lourd. Prévoyant « le cas d'arrêt du travail par accident de machine, manque de matière ou toute autre cause indépendante de l'ouvrier », ce paragraphe 8 édicte qu'il devra être remis à l'ouvrier ou à l'ouvrière un bon représentant la perte du salaire subie pendant cette durée, que la somme ainsi représentée n'entrera pas dans le compte du travail aux pièces ou à la prime et que les heures ainsi perdues devront être payées par le patron, au taux du salaire d'affûtage.

Quelle va être, dès lors, la situation des industriels obligés de subir dans leur fabrication un temps d'arrêt ?

En droit strict, ils auraient évidemment le droit de débaucher leur personnel chaque fois que le temps d'arrêt de l'usine leur paraîtrait devoir se prolonger, et ils peuvent aussi réduire la durée journalière des heures de travail. Mais il ne saurait être ici question de droit strict. Il faudra régler la question par une sorte de compromis entre tous les intérêts en présence. C'est ce qu'essaiera de faire une réglementation sur l'embauchage et le débauchage qui est en ce moment à l'étude. L'article 11 du règlement l'annonce en ces termes.

« Des règles seront établies pour fixer les conditions de débauchage et rembauchage ; elles devront tout à la fois garantir les ouvriers contre les salaires inférieurs à leur capacité individuelle *et assurer la régularité des fabrications nécessaires à la défense nationale.* »

Disons, pour préciser, que les salaires de chômage seront peut-être remboursés aux industriels quand l'arrêt de l'usine dû à un cas de force majeure dépassera un certain temps, mais qu'il sera fait appel à la bonne volonté des industriels pour que ceux-ci supportent sans réclamation le salaire de chômage quand l'arrêt de l'usine sera d'une durée relativement courte.

Que faut-il entendre par « une durée courte » ?

C'est une question d'espèce. Chaque cas devra être étudié en particulier, en tenant compte des circonstances et des responsabilités encourues.

En ce qui concerne les arrêts très courts (moins d'une demi-heure par exemple) il sera intéressant de préciser que les industriels ne seront pas tenus de faire des comptes spéciaux ; en d'autres termes, qu'ils ne devront pas établir à l'ouvrier ou à l'ouvrière travaillant aux pièces, un bon représentant la perte du salaire subie pendant cet arrêt.

***

Autre difficulté.

Que faut-il entendre par « ouvriers et ouvrières professionnels » ?

C'est une définition qui, en temps de paix, pourrait donner lieu à controverse. Dans l'état présent, l'Administration considère que tout ouvrier susceptible de produire un travail professionnel, par exemple de tourner un obus, doit être considéré comme ouvrier professionnel.

En d'autres termes, l'homme auquel on confie un certain outillage doit être considéré comme professionnel s'il se sert de cet outillage comme le ferait un véritable professionnel.

L'industriel est en droit, bien entendu, de lui faire

Digitized by Google

passer un examen avant de le classer dans la catégorie des professionnels ou dans celle des non-professionnels.

Il va de soi également qu'un homme classé dans une usine comme professionnel peut ne pas être admis comme tel dans une autre usine.

En d'autres termes, un industriel a le droit de faire passer un nouvel examen aux ouvriers qui se présentent chez lui avec un certificat les déclarant professionnels.

***

Quelle sera la situation des femmes? Quelle sera celle des apprentis?

La première des questions est grave; c'est précisément le taux jugé trop faible des salaires d'affûtage alloués aux femmes qui servit de prétexte aux ouvriers qui fomentèrent les grèves récentes.

Ils ont aujourd'hui satisfaction puisque dans la région parisienne le salaire minimum de la femme non professionnelle a été fixé à 0,65 fr quelle que soit la nature du travail qui lui est imposé. Les controleuses et calibreuses, par exemple, ont droit au salaire d'affûtage de 0,65 fr l'heure.

Mais des barèmes différents pourront être établis pour les catégories d'ouvriers et d'ouvrières qui ont pu n'être pas prévues par le barème actuel. La question se posera alors de savoir s'il ne convient pas de créer une catégorie spéciale pour les femmes de moins de 18 ans.

Le principe, en tout cas, restera celui que pose le paragraphe 5 du règlement, à savoir que « pour un travail exactement identique effectué dans les mêmes conditions par des hommes et par des femmes, le prix des pièces pour les ouvrières ne peut être inférieur au prix payé aux hommes ».

Il pourra être intéressant aussi de préciser ce qu'il y a lieu d'entendre par « petite main ».

Il ne faut pas, bien entendu, confondre les « petites mains » avec les apprentis. Certaines Administrations (celle des Postes, Télégraphes et Téléphones, par exemple) font nettement la différence. Elles admettent qu'un apprenti, avant de passer ouvrier, doit faire un stage d'une année comme « petite main » — mais le règlement et le barème du ministère de l'Armement sont muets sur ce point.

La question mériterait d'être examinée.

Le problème des apprentis est d'ailleurs un de ceux qui, après la guerre, mériteront le plus d'attirer l'attention de l'Etat. Il se pose à l'heure actuelle à un point de vue spécial : celui de la stabilité du personnel.

Certains industriels ont fait de grands sacrifices pour former des apprentis, et ils se voient journellement frustrés du résultat de leurs efforts par certains de leurs collègues — voire même, assure-t-on, par certains établissements de l'Etat — qui leur enlèvent sans aucun scrupule les apprentis quand ils sont formés, ceux-ci ne tenant d'ailleurs aucun compte des engagements qu'ils ont pris lors de leur embauchage.

Les ouvriers sont souvent opposés à l'emploi des apprentis dans les usines parce qu'ils les considèrent comme des concurrents dangereux du fait que leurs salaires minimes les font, croient-ils, rechercher de préférence par les patrons.

Nous croyons savoir qu'une réglementation est à l'étude, qui tendra à empêcher le débauchage des apprentis.

Pour le moment, les apprentis ne figurent pas sur le barème des salaires publié par le « Bulletin des Usines de guerre » du 22 janvier 1917.

***

Les paragraphes 12, 13 et 14 du règlement prévoient la création, par le ministre de l'Armement, de Commissions mixtes chargées de reviser le système des amendes appliquées dans un certain nombre d'ateliers, chargées aussi de régler, dans les cas collectifs, les difficultés d'application du tarif, et même, au besoin, de reviser celui-ci à la demande des organisations patronales ou des organisations ouvrières.

En réalité, les Commissions mixtes, composées d'un nombre égal de patrons et d'ouvriers, sans que ce nombre soit precisé, sont une création du décret du 10 août 1899. Ces Commissions mixtes ont, depuis cette époque, fonctionné dans beaucoup de régions et ont dressé les bordereaux de salaire normal, qui sont applicables en particulier en matière de travaux publics. Ces bordereaux ont été, dans certaines régions, en particulier à Lyon et à Saint-Étienne, appliqués aussi dans les usines de fabrications de guerre.

L'organisme qui exercera les attributions prévues par les paragraphes 12, 13 et 14 et que nous venons de résumer ne sera pas différent en réalité du Comité de conciliation et d'arbitrage prévu par le décret du 17 janvier 1917 qui a organisé l'arbitrage obligatoire.

Ce Comité comprendra deux représentants des patrons et deux représentants des ouvriers, les uns et les autres non mobilisables. Il sera nommé, en outre, trois membres patrons et trois membres ouvriers suppléants. Le décret ne prévoit pas de président ; les membres du Comité désignent, au début de chaque séance, celui d'entre eux qui présidera.

Dans la région du Havre, dans le département de la Nièvre (qui constitue une région), dans la région de Saint-Étienne, où ces Comités constitués depuis le mois dernier viennent de fonctionner, les membres en ont été choisis parmi les conseillers prud'hommes. (Notons que cette source de recrutement ne sera peut-être pas toujours suffisante ; dans certaines régions, en effet, on trouvera difficilement des conseillers prud'hommes compétents en matière métallurgique.)

Il sera pourvu très prochainement à l'organisation des Comités et, par suite, à la fixation des barèmes de prix dans les autres régions,

Les lecteurs de la « Revue générale de l'Électricité » seront tenus au courant à mesure que paraîtront ces divers documents.

F. P.

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

1re Année. — Tome I. — N° 9. — 3 Mars 1917.

Chronique. — L'enseignement technique supérieur. — Nécrologie : Alexis Cance. — Inventions et recherches scientifiques, p. 321 et 322.

Section scientifique et technique. — Pile à densité et à faible usure locale, par Ch. Féry, p. 323. — Revues, analyses et informations : Sur les pertes par couronnes sous potentiel constant pour des conditions de surface et des métaux différents, p. 327; Dispositif d'entraînement des magnétos, p. 330.

Section industrielle. — Application de transformateurs-suceurs à la ligne électrique à courant monophasé de Perpignan à Villefranche de la Compagnie des chemins de fer du Midi, par Ch. Dachary, p. 331. — Quelques considérations sur le réglage de la tension par les régulateurs automatiques instantanés, par J. Pierret, p. 337. — La résistance mécanique des poteaux en bois, par A. Delamarre, p. 345. — Les usines hydro-électriques de l'Etat suédois, par J. Vichniak, p. 349. — Revues, analyses et informations : Les inventaires permanents, leur préparation, leur valeur, p. 353.

Section économique et financière. — Importations et exportations françaises par D. Pector, p. 355. — Assemblées générales : Compagnie française des Métaux, p. 356; Compagnie générale d'Electricité, p. 357; Compagnie Lorraine d'Electricité, p. 357; Tréfileries et Laminoirs du Havre, p. 357. — Revues, analyses et informations : Les ingénieurs et les questions économiques et politiques. — Les idées d'un industriel américain, p. 357.

Section de législation. — Législation, jurisprudence, réglementation, p. 359.

L'enseignement technique supérieur. — Le problème de l'enseignement technique supérieur, depuis si longtemps étudié, a été de nouveau posé à l'attention des ingénieurs par deux remarquables communications faites à la séance du 3 novembre 1916 de la Société des Ingénieurs civils, l'une par M. Guillet, professeur au Conservatoire des Arts et Métiers, l'autre par M. Appell, professeur à la Sorbonne et à l'École centrale des Arts et Manufactures. Ces deux communications ont été suivies, aux séances du 26 janvier et 23 février, d'une discussion à laquelle ont pris part MM. Colson, Le Chatelier, Lecornu, de Priaudau, Picard, Juppont, Chesneau, etc.

Dans sa communication à la séance du 23 février, M. Chesneau, directeur de l'École nationale supérieure des Mines, étudie d'abord l'organisation de l'école technique idéale. Il insiste : sur le maintien de la discipline dans les écoles d'enseignement technique supérieur, discipline qui permet d'obtenir des élèves un meilleur rendement que la trop grande liberté des facultés ; sur la nécessité d'accroître l'effort individuel et l'initiative personnelle de l'élève ; sur l'augmentation des exercices pratiques et la diminution des cours oraux. Il étudie ensuite les qualités que doit posséder le professeur d'École technique : celui-ci doit avoir, en dehors de ses connaissances théoriques, le don de l'enseignement et le sens pratique de la profession qu'il exerce et enseigne ; quoique secondé par des chefs de travaux, le professeur doit se tenir en contact intime avec ses élèves, être à leur disposition, en dehors des heures de cours, pour leur donner des enseignements complémentaires, les suivre dans leurs exercices pratiques de toutes sortes, leur donner des conseils et leur faire connaître tout ce qu'il a lui-même appris et remarqué dans sa pratique industrielle. M. Chesneau continue en cherchant quelles sont les modifications à apporter à la préparation des grandes écoles techniques, il déplore les réformes du programme de 1902, funestes pour la culture générale des jeunes gens, il insiste fortement sur la nécessité des études littéraires et sur les avantages considérables à attribuer aux candidats munis d'un baccalauréat littéraire ; il émet ensuite l'avis qu'il est nécessaire de maintenir les classes de mathématiques spéciales, dont le programme seul est à modifier, en remplaçant certaines théories mathématiques d'un ordre trop élevé par des cours plus pratiques tels que la résistance des matériaux et l'énergétique qui auraient l'avantage de permettre aux candidats non reçus de trouver directement des places dans l'industrie sans avoir à recommencer des études toutes différentes, ce qui est une grande perte de temps ; il fait remarquer que les classes de mathématiques spéciales ont été pour la France une véritable pépinière d'aspirants et d'officiers d'artillerie, même parmi les élèves non reçus, et qu'en particulier pour l'artillerie lourde à grande portée qui nécessite pour le tir des calculs compliqués, car, vu la dimension et la masse des projectiles, on doit les considérer comme de véritables satellites de la terre, les élèves et anciens élèves de mathématiques spéciales seuls ont pu fournir de bons officiers, que les Anglais, qui ne possèdent pas de cours analogues aux mathématiques spéciales, n'ont pu trouver et ont été obligés de former difficilement et complètement. M. Chesneau termine sa très intéressante conférence en soutenant la nécessité du maintien du concours à l'entrée des grandes écoles techniques.

M. Maurice, officier général du Génie maritime et directeur de l'École d'application du Génie maritime reprend la question et arrive aux mêmes conclusions que M. Chesneau, aussi bien sur le recrutement du personnel enseignant, que sur la préparation aux grandes écoles, et l'enseignement dans ces écoles ; il insiste également sur la nécessité de

Digitized by Google

développer les projets, les stages et les voyages d'études et termine en faisant remarquer que malgré ses défauts la formation des ingénieurs français est encore la meilleure de toutes, que les Anglais le reconnaissent et en particulier pour l'École du Génie maritime dont les ingénieurs sont non seulement des techniciens mais des réalisateurs.

M. Eyrolles, directeur de l'École spéciale des Travaux publics, déplore, pour la santé des élèves, que toutes les grandes écoles soient situées dans les villes et déclare la nécessité d'installer des écoles à la campagne où on ne sera plus limité pour les travaux pratiques par le manque de place.

M. Lacoin, ingénieur chef du Service des machines au chemin de fer d'Orléans, trouve que l'ingénieur n'est pas complet en sortant de l'École qu'il doit se perfectionner au point de vue technique tout en prenant contact avec la pratique : il signale qu'en Angleterre et en Amérique les grandes Compagnies de chemins de fer forment complètement leur personnel technique qu'elles ont recruté parmi leurs agents.

Ajoutons qu'à cette même séance M. A. Blondel a envoyé une communication écrite qui sera reproduite dans un prochain numéro.

Nécrologie. - Alexis Cance. — Avec Alexis Cance, disparaît un des pionniers de l'Industrie électrique, ouvrier de la première heure, encore sur la brèche lorsque la mort est venue l'enlever à l'affection des siens et de ses nombreux amis.

Alexis Cance, né le 7 juillet 1843, à Saint-Céré (Lot), fils de mécanicien, était dès sa jeunesse un praticien habile, d'une ingéniosité remarquable, d'une sûreté de main surprenante. La guerre de 1870, où il combattit comme engagé volontaire, le surprit au milieu de ses travaux de mécaniques de précision qu'il abandonna peu après les hostilités pour s'adonner aux recherches relatives à l'électricité.

Directeur d'un atelier d'apprêtage de métaux, tout en subvenant aux besoins de sa nombreuse famille, il utilisait ses soirées et ses rares moments de repos à étudier des ouvrages scientifiques et à suivre des cours, afin de s'initier aux questions électriques, et en 1876, il s'y consacra d'une façon définitive et exclusive.

L'invention de Cance, qui fut le point de départ d'une grande partie de celles qui suivirent, était un « électro-aimant à noyaux tubulaires multiples », présenté à l'Académie des Sciences à la séance du 11 juin 1877, par du Moncel, et décrit à l'époque dans le journal « Les Mondes » et le traité de Moncel sur les « Applications de l'électricité ». Cet appareil figurait à l'Exposition Universelle de 1878, avec un moteur électrique très curieux actionnant une machine à coudre.

Cance fonda en 1881, avec des amis, une première Société d'exploitation de ses nombreux brevets successifs; cette Société se modifia à plusieurs reprises, construisant les divers appareils, moteurs, dynamos, lampes à arc et à incandescence, et les créations multiples de ce fécond inventeur.

L'apparition de la « lampe Cance », régulateur à arc, à point lumineux fixe, d'une supériorité remarquable, donna une réelle impulsion aux installations d'éclairage électrique.

Parmi ses applications, en nombre considérable, nous citerons : le Poste central des Télégraphes, rue de Grenelle dès 1882, où Cance, réalisa un des premiers l'éclairage par diffusion; le Concert de l'Eldorado, en 1885, premier théâtre entièrement éclairé à l'électricité y compris la rampe et la scène; à cette occasion Cance créa de toutes pièces des types de coupe-circuits, de rhéostats, de dispositifs de commutation, universellement répandus aujourd'hui; les magasins du Bon Marché en 1888; les gares de l'Est et Saint-Lazare, etc.

Cance participa comme exposant ou juré à toutes les grandes expositions françaises et étrangères de 1877 à 1913, et reçut la croix de la Légion d'honneur en 1889.

Expert en douane, membre de nombreux comités dont la Commission supérieure de contrôle à l'Hôtel de Ville, il fut président de l'Association amicale des ingénieurs-électriciens et apporta, dans les réunions techniques ou syndicales, le concours d'une solide expérience et le réconfort d'une souriante amitié.

Cance laissera parmi ses collègues, ses clients, ses ouvriers, le souvenir d'un travailleur probe, d'un précurseur modeste; sa loyauté, ses qualités de cœur lui ont valu l'estime et les regrets de tous ceux qui l'ont connu.

Inventions et recherches scientifiques. — Le ministre de l'Armement et des fabrications de guerre vient de préciser par une circulaire (1) dans quelles conditions peut s'organiser entre les services des inventions et les autres services, ou même les particuliers, une collaboration méthodique en vue de la Défense Nationale, qui permettra de tirer parti, de la façon la plus avantageuse, de toutes les conceptions ou découvertes nouvelles qui peuvent se produire actuellement.

Le décret rappelle tout d'abord que le sous-secrétaire d'État chargé des Inventions est chargé d'une part « d'examiner les propositions des *inventeurs* et de les faire étudier », d'autre part « d'entreprendre toutes *recherches scientifiques* d'ordre général qui seront demandées par le service de la guerre ».

Il va de soi que, dans l'esprit de ces dispositions, le mot invention n'est pas pris dans un sens absolument strict, et que les services des inventions n'ont pas nécessairement à exclure de leur examen les conceptions ou découvertes qui n'auraient pas reçu ou même sollicité de sanctions légales par voie de brevet. Ils examineront toutes ces conceptions ou découvertes nouvelles sous forme de produits, de résultats, de moyens et d'applications, dont il paraîtra raisonnable d'espérer un emploi utile pour la Défense Nationale.

Mais là où la circulaire ministérielle touche à un point délicat qui montre combien la guerre a modifié profondément toutes les conditions de fabrication normales, c'est lorsqu'elle précise que tout perfectionnement des méthodes et des procédés, que sans entrer dans la définition d'une nouveauté brevetable, peut accélérer les fabrications, économiser les matières ou accroître le rendement des machines, est ou contient en germe une invention dont il appartient au sous-secrétariat spécial de tirer parti pour la Défense Nationale. « *La communication de ces perfectionnements au sous-secrétariat est, de la part des industriels, non seulement une faculté mais une obligation.* » En effet, l'État dispensateur de la main-d'œuvre, des matières et du combustible, qui permettent aux établissements industriels de travailler, a le droit d'être instruit de tout ce qui en rend ou de tout ce qui par voie de généralisation pourrait en rendre l'utilisation plus complète et plus économique.

(1) *Bulletin des usines de guerre*, n° 41, du 5 février 1917, p. 821 (Circulaire n° 8 524 1 M).

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

Pile à densité et à faible usure locale

Tous ceux qui ont eu à se servir de la pile au sel ammoniac ont pu observer l'usure irrégulière du bâton de zinc qui sert le plus généralement d'électrode négative dans cette pile. L'attaque du zinc est toutefois plus grande au niveau du liquide, ce qui fait qu'on est obligé de remplacer cette électrode, qui se coupe en ce point, bien avant que tout le zinc n'ait été employé. L'étude des causes qui produisent ce phénomène a conduit M. Féry à un dispositif qui tend à rapprocher l'usure pratique de l'usure théorique.

I. — Parmi les nombreuses combinaisons de piles qui ont été imaginées, celle au sel ammoniac est certainement la plus employée pour les applications où il est nécessaire d'avoir un élément toujours prêt à servir avec des périodes de repos de longue durée. Dans ces conditions, l'usure locale de l'élément à circuit ouvert peut devenir plus grande que celle provenant du débit normal.

C'est généralement au ras du liquide que cette usure locale se manifeste avec la plus grande intensité, et j'ai pensé qu'elle était due principalement à la dissolution de l'oxygène de l'air dans le liquide superficiel de la pile. La solution aérée de sel ammoniacal doit, en effet, oxyder le zinc, et l'oxyde produit, en se dissolvant dans le liquide, offre une nouvelle surface décapée à l'oxydation.

Cette remarque explique aussi pourquoi les tentatives de dépolarisation par l'air n'ont jamais donné des résultats très nets. On comprend facilement, en effet, qu'un liquide dans lequel plonge dans toute sa hauteur une lame ou un cylindre de zinc ne puisse contenir qu'une faible proportion d'oxygène dissous, ce gaz étant absorbé au fur et à mesure de sa dissolution par le zinc très oxydable.

Le remède très simple qui se présente à l'esprit est de disposer le zinc au fond de l'élément.

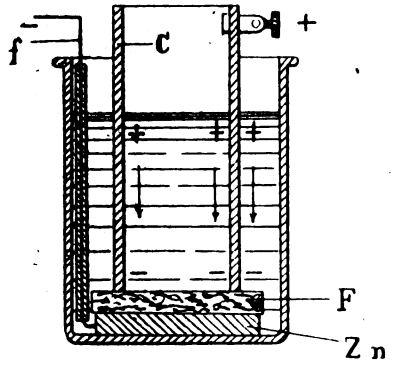


Fig. 1.

Pour vérifier l'exactitude de cette manière de voir, j'ai monté un petit élément (fig. 1) constitué par un tube vertical de charbon C reposant sur du feutre F, qui le sépare d'un zinc plat Zn, qui occupe le fond du vase. Un fil de cuivre f isolé dans sa partie ascendante permet de prendre le contact sur l'électrode négative à laquelle il est soudé.

La figure 2 donne en vraie grandeur les surfaces en regard des deux électrodes.

Cet élément contenait 150 cm³ d'une solution de sel

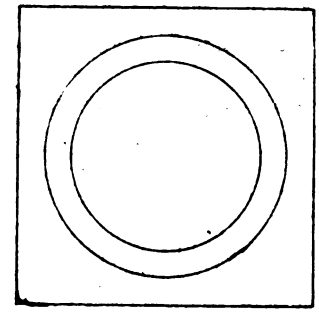


Fig. 2.

ammoniac à 8 pour 100; mis en débit continu sur un enregistreur, il a fourni 9 A-h pendant quarante-deux jours de débit sur une résistance de 80 ohms.

La figure 3 est une reproduction de la feuille de l'enregistreur.

Les ampères-heures fournis par la seule chloruration du zinc auraient dû être de 6 A-h; ceci montre que l'oxygène a servi non seulement à la dépolarisation, mais aussi à l'attaque du zinc.

Au bout d'une quinzaine de jours de fonctionnement, les cristaux bien connus d'oxychlorure de zinc ammoniacal ont apparu à mi-hauteur du charbon, tandis que la partie inférieure et supérieure, ainsi que le zinc, en étaient tout à fait dépourvus.

La densité du liquide prélevé à ce moment au fond du vase était de 1,103, tandis que celle du liquide superficiel, fortement ammoniacal, n'était que de 1,076.

Un papier de tournesol, introduit dans l'élément, de manière à occuper toute sa hauteur, devient bleu au-dessus des cristaux et rougit, au contraire, au-dessous,

Digitized by Google

dans le liquide très chargé de chlorure de zinc qui entoure le zinc.

Si on agite le liquide d'un tel élément, on trouve le lendemain toute la surface du vase, ainsi que le charbon, recouverts d'une multitude de petits cristaux ; mais si la pile reste en débit, ces cristaux disparaissent en haut et

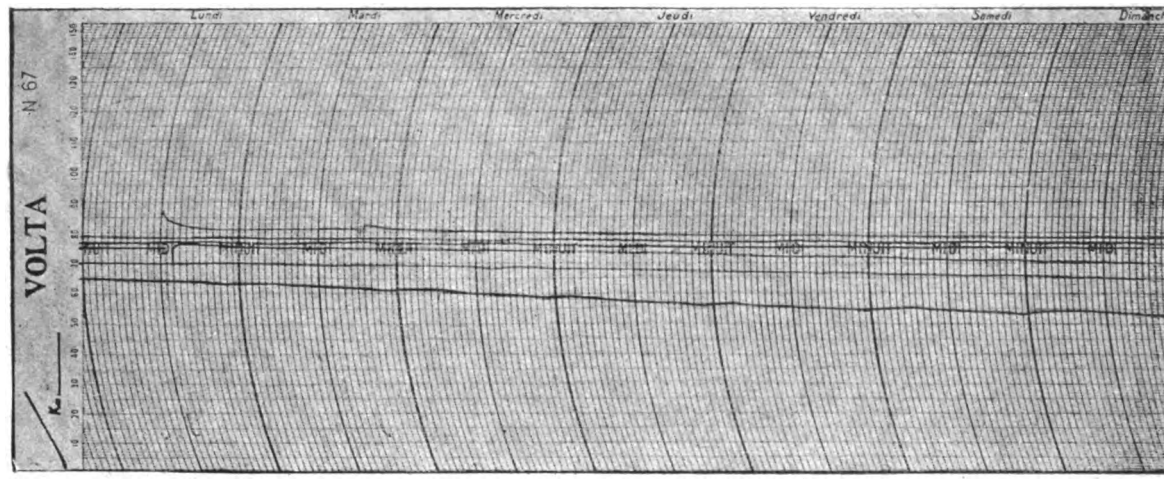


Fig. 3.

celle supérieure de sulfate de zinc augmente continuellement de densité.

Il se produit donc fatalement un basculage de deux solutions et le zinc se recouvre bientôt d'une éponge de cuivre.

Pour comparer, dans les mêmes conditions, une pile

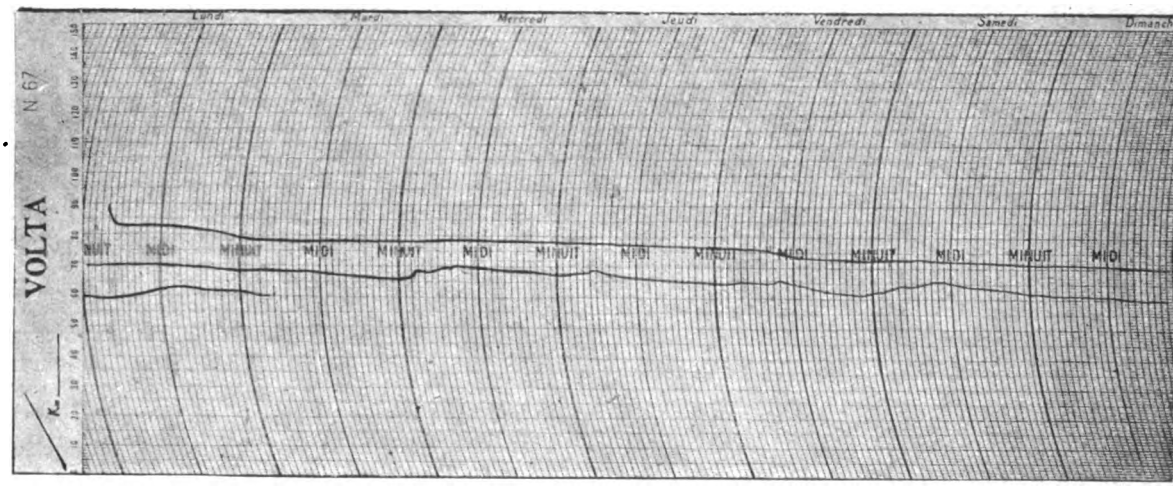


Fig. 4.

feuille de l'enregistreur obtenue dans ces nouvelles conditions ; le débit avait lieu comme précédemment sur 80 ohms.

Au bout de quinze jours seulement, le voltage était tombé à 0,6 v, tandis que, dans l'essai précédent, il avait

à zinc vertical avec l'élément précédent, j'ai recommencé l'expérience en disposant un charbon identique dans un même volume d'une solution au même titre. Le zinc avait la forme d'un U renversé pour utiliser les deux faces du charbon.

La figure 4 est la reproduction photographique de la

mis trente-trois jours pour atteindre la même valeur et quarante-deux jours pour arriver à 0,52 v.

II. — La dépolarisation de ces éléments est très rapide quand on coupe le circuit ; cela s'explique très

Digitized by Google

simplement si on remarque que seule l'extrémité inférieure du charbon est polarisée; c'est, en effet, en ce point que les lignes de courant sont les plus denses.

Dès qu'on ouvre le circuit, le charbon qui constitue une sorte de pile à gaz, hydrogène en bas et oxygène en haut, forme un élément en court-circuit sur lui-même et des courants, qu'on pourrait appeler *courants de dépolarisation*, se produisent entre le haut et le bas de l'électrode; ils ont pour effet d'en uniformiser le voltage. La quantité d'hydrogène due à la polarisation de l'élément est limitée, tandis que l'oxygène dans lequel plonge le charbon à sa partie supérieure est illimité et la pile reprend son voltage normal 1,2 v, *quelle qu'ait été sa polarisation antérieure*.

Il n'en est pas de même, comme on sait, des piles au manganèse qui ne reprennent jamais leur voltage initial 1,55 v, quand elles ont débité, puisque leur dépolarisant *n'a plus la même constitution chimique* et est passé de MnO^2 à Mn^2O^3.

Le liquide supérieur des piles à densité au sel ammoniac reste à peu près exempt de sels de zinc, ce qui fait qu'il ne s'y produit pas de sels grimpants; sa faible densité lui permet de dissoudre facilement l'oxygène de l'air plus soluble que l'azote comme on le sait.

La production des cristaux dans la partie médiane du charbon est une garantie que les liquides des autres régions ne sont pas saturés; leur abondance et leur forme dépendent de l'intensité du débit et probablement

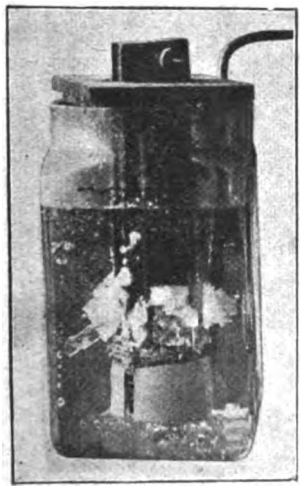


Fig. 5.

d'autres facteurs tels que la concentration et la température (1).

Ils m'ont semblé appartenir au moins à quatre formes principales : gros cristaux octaédriques, aiguilles à apparence soyeuse, tables hexagonales, amas circulaires à structure rayonnante. Ces cristaux traités par un dissolvant, acide chlorhydrique ou chlorure de zinc, dégagent de l'anhydride carbonique, gaz provenant de la carbonatation à l'air de la solution alcaline superficielle (1).

Signalons pour terminer un avantage pratique de ces éléments : la surface des électrodes en présence ne varie pas à la suite de l'évaporation inévitable du liquide.

III. — La forme donnée à l'élément pour faire ces essais préliminaires n'est peut-être pas la meilleure au point de vue pratique. Les essais suivants ont été effectués sur des éléments dont l'électrode positive était un charbon cannelé dont le pied, isolé par quelques tours de cordelette, était entouré d'un anneau de zinc.

La forme de charbon représentée figure 6 serait sans

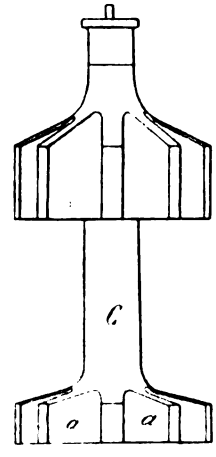


Fig. 6.

doute préférable comme facilitant le passage des courants de dépolarisation, dont nous avons parlé précédemment. Il convient, en effet, de faire débiter la pile à gaz (charbon polarisé, charbon oxydé) sur une résistance extérieure (constituée ici par le liquide) égale à la sienne. Or, on sait que la résistivité des solutions de sel ammoniac est environ 2 000 fois plus grande que celle du charbon.

De plus, l'amincissement de l'électrode en son milieu permet de loger les cristaux formés par le travail de la pile, tout en augmentant le volume de la solution excitatrice.

N'ayant pu me procurer en ce moment de telles électrodes, j'ai employé des charbons cannelés dont les cannelures n'ont que 3 mm de profondeur.

La figure 7 donne les résultats obtenus avec cette forme de charbons; les trois éléments A, B et C débitaient sur 80 ohms.

(1) La figure 5 montre la localisation de ces cristaux dans un élément qui a fourni 45 A-h et dont nous parlerons plus loin.

(1) La constitution chimique de ces diverses formes cristallines n'est sans doute pas la même; rappelons cependant que le carbonate de calcium, bien qu'ayant une formule chimique plus simple, se présente sous plus de *cent* formes cristallines différentes.

Digitized by Google

A est l'élément normal dont le zinc, en forme d'anneau, occupe le fond du vase.

B contenait au contraire un anneau de zinc placé à la partie supérieure du charbon ; au point B de la courbe, on a remis le zinc dans sa position normale au fond du vase.

A ce moment, le charbon et le zinc se trouvaient remplis de cristaux à leur partie supérieure ; ces cristaux avaient la forme de tables hexagonales ayant 22 mm dans leurs plus grandes dimensions. Ces cristaux gênaient très certainement l'accès de l'air. Dès que le zinc est remis dans sa position normale, on observe que la courbe remonte ; elle finit à 0.02 v seulement au-dessous de A. A ce moment les cristaux avaient disparu sur le zinc et avaient repris leur position normale sur le charbon.

C est monté avec un charbon cannelé identique, mais renferme un crayon de zinc comme les éléments courants. Cette courbe est la moins bonne des trois.

La courbe D est obtenue avec une électrode de charbon de surface double ; de plus le débit a eu lieu sur 100 ohms, ce qui explique le haut haut voltage et la constance de la décharge.

En D on a ramené à sa valeur primitive, par addition d'eau, le niveau du liquide qui avait baissé de 4 cm par suite de l'évaporation. Cette addition d'eau, en mélangeant les liquides, a donné naissance à un précipité

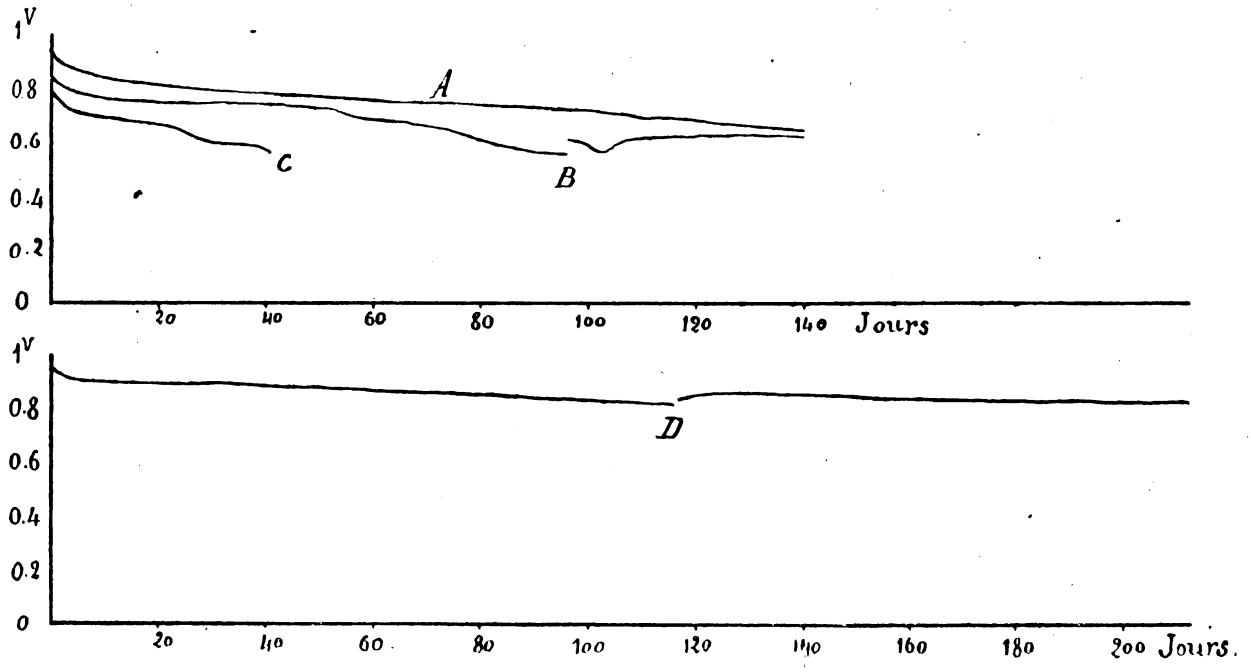


Fig. 7.

floconneux d'oxyde de zinc hydraté et à la régénération de sel ammoniac d'après la réaction :

$$2\,AzH^4\,OH + Zn\,Cl^2 = 2AzH^4\,Cl + Zn(OH)^2.$$

C'est par une régénération de ce genre, due à la réaction des liquides séparés par électrolyse, que Ditte expliquait le fonctionnement presque indéfini de la pile suisse (Zn — Na Cl — C).

Ce dernier essai, fait en vue de déterminer le poids de zinc brûlé par ampère-heure donné 1,24 g au lieu de 1,228 g indiqué par la théorie.

Un essai, dans des conditions plus voisines de la pratique a été effectué par une de nos grandes Compagnies de chemins de fer.

Huit éléments en tension, dont 4 à densité et 4 au manganèse, ont été mis en débit continu sur une résistance extérieure de 700 ohms ; l'essai a duré 230 jours. Au bout de cinq mois on a dû changer les crayons des piles au manganèse, au bout de 230 jours l'expérience a été arrêtée ; les zincs des piles à densité étaient à ce moment presque complètement usés et cela d'une façon très régulière, le cylindre s'attaquant par le haut ; quant aux nouveaux crayons des piles au manganèse, ils étaient fortement amincis au ras du liquide et auraient dû être remplacés par raison de sécurité.

Cette usure, plus rapide pendant les deux derniers mois de débit, provient de ce que, même dans les éléments ordinaires, il se fait un classement des liquides par densité, et le zinc plongeant dans deux liquides différents constitue un élément mono-métallique [1] ten-

[1] En montant un élément zinc, zinc dans deux solutions l'une de chlorhydrate, l'autre de chlorure de zinc, on obtient 0.05 v. Cet élément mis en court-circuit dépose du zinc sur la lame qui plonge dans $ZnCl^2$. En remplaçant dans cette pile mono-métallique AzH^4Cl par AzH^4OH étendue on obtient 0.25 v, la lame plongeant dans $ZnCl^2$ étant toujours l'électrode positive.

Digitized by Google

dant à s'attaquer dans le liquide superficiel qui est toujours alcalin.

Cet essai fait ressortir l'ampère-heure pratique pour

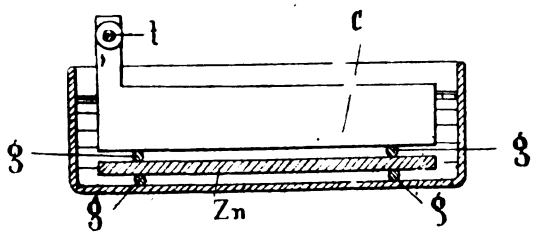


Fig. 8.

1,96 g de zinc dans les piles à densité et à 5,5 g pour celle au manganèse.

Les figures 8 et 9 montrent une disposition de pile à densité à grande surface. Un petit élément comportant 10 plaques de charbon en forme de L, réunies par une tige t et monté dans une cuvette photographique 9 × 12 donne 2,5 A en court-circuit avec une surface de zinc de 100 cm².

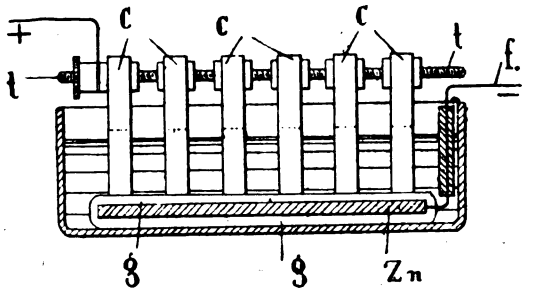


Fig. 9.

Cet élément a fourni une décharge très constante de vingt-quatre heures en débitant 0,25 A.

Ch. Féry,
Professeur à l'École de Physique et de Chimie.

Revues, analyses et informations

Sur les pertes par couronnes sous potentiel constant pour des conditions de surface et des métaux différents (1).

Les recherches de F.-W. Peek et celles de S.-P. Farwell (2) ont établi que la décharge par couronnes diffère grandement suivant que le fil est positif ou négatif. Les conditions de l'apparition des couronnes, ainsi que les courbes caractéristiques, dépendent de la polarité du fil. Quand le fil est négatif, les couronnes revêtent la forme de grains brillants qui sont répartis plus ou moins régulièrement le long du fil, le nombre des grains par unité de longueur dépendant de la pression du gaz et de la différence de potentiel entre le fil et le cylindre. Ce phénomène suggère que les conditions de surface et la nature chimique du fil peuvent exercer une influence sur les couronnes qui prennent naissance autour d'un fil négatif. C'est cette influence que l'auteur s'est proposé de préciser.

Dispositif expérimental. — L'appareil utilisé est formé d'un cylindre métallique (de 3,63 cm de diamètre intérieur) muni d'une fente longitudinale pour l'observation (de 1,53 cm de largeur), fixé dans un cylindre de verre et disposé de manière que des fils de différentes grosseurs puissent être aisément disposés suivant son axe. Le tube pouvait être mis en communication avec une machine à vide. Le potentiel élevé était obtenu au moyen de 50 générateurs à courant continu reliés en série et était mesuré à l'aide d'un voltmètre électrostatique de Lord Kelvin. Pour la mesure du courant, on a utilisé un galvanomètre d'Arsonval dont la formule de mérite est $6{,}25 \times 10^{-9}$ A.

Expériences préliminaires. — Des expériences préliminaires ont porté sur un fil d'acier dont une moitié de la surface avait été polie et l'autre soumise à l'attaque par l'acide nitrique. Le fil étant disposé dans le tube, l'apparition des couronnes sous de faibles pressions a mis aussitôt en évidence l'influence des conditions superficielles : la partie polie présente les grains caractéristiques négatifs, tandis qu'une faible lueur apparait autour de la partie soumise à la corrosion chimique. Ceci n'est vrai que pour de faibles potentiels. Sous des voltages élevés, la lueur se brise et donne des grains lumineux ; mais ceux-ci sont toujours moins nets que sur la partie polie du fil.

Des expériences sur l'apparition des couronnes ont porté sur des fils dont la surface était : (1) polie ; (2) corrodée ; (3) rugueuse. Sous de basses pressions et de faibles voltages, on constate que les grains lumineux apparaissent d'abord sur la surface polie (1), tandis que la surface corrodée ne présente aucune lueur et la surface rugueuse une légère décharge en forme de pinceaux. Sous une pression de 370 mm et une tension élevée, les couronnes s'établissent, au contraire, d'abord sur les parties rugueuses du fil et c'est uniquement sur elles qu'on observe des grains lumineux stables ; sur les parties corrodées les grains sont assez bien définis, mais ils sont en agitation constante ; sur les parties polies, il n'y a pas de grains bien nets.

Apparence des couronnes et potentiels critiques. — Les études ont porté sur des fils de cuivre, d'acier, d'aluminium et d'argent.

Préparation des surfaces. — Pour polir les surfaces, on utilise d'abord une fine toile d'émeri, puis une peau de chamois imprégnée de colcothar. Les surfaces rugueuses ont été obtenues en roulant le fil dans de la poudre d'émeri entre deux surfaces grossièrement planes. Pour la corrosion des surfaces, les méthodes suivies varient avec la nature des fils : le fil d'acier est trempé dans une solution d'acide nitrique ; le fil d'aluminium est mis à plonger plusieurs jours dans une solution d'acide sulfurique ; pour le fil de cuivre, on oxyde la surface en l'échauffant par un courant en

(1) Sylvan J. Crooker. *Physical Review*, 2e série, t. VIII, octobre 1916, p. 344-363.
(2) *Proceed. of A. I. E. E.* novembre 1914.

Digitized by Google

présence d'oxygène. La décharge par les couronnes déterminant la production de grandes quantités d'ozone, on recouvre le fil d'argent d'une couche de peroxyde d'argent en laissant s'établir les couronnes autour du fil pendant un certain temps.

Résultats. — Les phénomènes observés dans ces conditions sont très complexes et l'aspect du fil dépend à la fois de l'état de la surface et de la pression.

Le tableau I donne les tensions critiques pour l'établissement des couronnes dans les cas de fils de différentes natures (diamètre = 0,41 mm). Il ne fait d'ailleurs ressortir aucune loi générale.

Cuivre.

POLI			RUGUEUX			CORRODÉ		
p en mm	Tension. fil —	fil +	*p* en mm	Tension. fil —	fil +	*p* en mm	Tension. fil —	fil +
150	1 700	1 780	53,2	1 680	1 820	50,3	1 650	1 660
252	2 650	2 600	253	2 550	2 800	250	2 010	2 500
731	6 010	5 760	743	5 600	6 200			
Acier.								
51,6	1 710	1 710	52,2	1 690	1 740	52,3	1 750	1 700
252,4	2 600	2 600	253,2	2 770	2 770	252	2 550	2 710
737,6	5 660	5 960	736	4 560	5 830	739,4	4 810	5 760
Aluminium.								
50	1 760	1 720	52	1 660	1 800	51,9	1 240	1 690
251	2 820	2 900	251,5	2 490	2 900	252	2 370	2 660
741,1	5 880	6 180	741	5 010	5 800	745,3	4 680	5 880
Argent.								
53,2	1 850	1 820	52,3	1 730	1 740	52,5	1 850	1 780
252,1	3 150	3 050	252,2	2 600	2 900	252,2	3 150	3 000
744,8	4 210	6 130	743,2	5 060	5 850	746	5 760	6 320

L'apparition des grains négatifs et leur nombre dépendent non seulement de la pression et du potentiel, mais encore de l'état de la surface et de la nature du fil. La figure 1 montre comment le nombre des grains dépend du courant pour différentes surfaces d'un fil de cuivre. Le courant rapporté à un grain est plus grand pour les surfaces corrodées (C), ou rugueuses (A), que pour les surfaces polies (P), en supposant que tout le courant s'échappe par les grains. Un accroissement de pression diminue également le courant par grain; il est vrai que, dans ce cas, les grains sont beaucoup plus petits. Cependant, le voltage nécessaire à la production d'un certain nombre de grains augmente avec la pression.

Pour les faibles pressions, la stabilité des grains est sensiblement la même pour toutes les surfaces; aux pressions élevées, les grains sont plus stables sur les surfaces corrodées ou rugueuses que sur les surfaces polies, et il devient presque impossible d'obtenir des grains définis sur un fil poli pour des pressions de l'ordre de la pression atmosphérique.

Le nombre des grains augmente rapidement avec le voltage. La production d'un nombre de grains déterminé

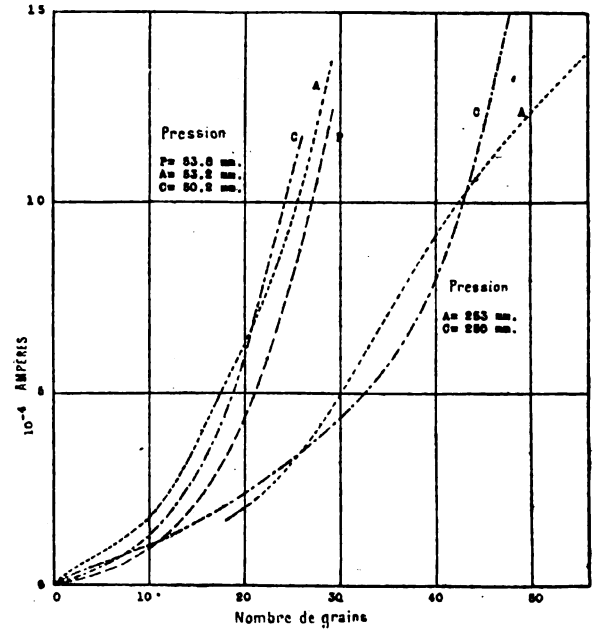


Fig. 1. — Nombre de grains comme fonction du courant pour différentes conditions de la surface. Fil de cuivre, 0,41 mm de diamètre.

nécessite, en général, un voltage plus grand pour les fils d'acier que pour les fils de cuivre et d'aluminium.

Considérations théoriques. — *Effets combinés de l'émission électronique et de l'ionisation.* — Les théories proposées par Townsend [1] et Bergen Davis [2], pour l'explication du phénomène des couronnes, ne font intervenir que l'ionisation des molécules. Ces théories expliquent fort bien quelques particularités du phénomène, mais ne fournissent pas une théorie générale complète.

L'auteur propose de faire intervenir simultanément l'ionisation et l'émission électronique.

Dans toutes les expériences sur les couronnes, où le potentiel garde un signe constant, une différence frappante se révèle, non seulement dans l'aspect des couronnes, mais encore dans l'allure des courbes caractéristiques suivant le signe de ce potentiel. On sait que la différence entre l'électricité positive et l'électricité négative se manifeste dans un grand nombre d'expériences (émission d'électricité négative par les métaux incandescents, production des rayons cathodiques, etc.). Par contre, aucune émission d'électrons positifs à partir d'un métal n'a jamais été constatée. La production de charge positive nécessite toujours la présence d'un gaz. Les expériences ont également établi que les charges positives ont des dimensions de l'ordre des dimensions atomiques et doivent, par suite, être considérées comme des ions positifs.

Les hypothèses faites par l'auteur sont qu'il y a une action combinée : 1° de la décharge électronique le long du fil métallique; 2° de l'ionisation du gaz. Dans quelques cas,

[1] *Electrician*, 6 juin 1913.
[2] *Proceed. of A. I. E. E.*, avril 1914.

Digitized by Google

les électrons seront prédominants et détermineront le caractère des phénomènes; dans d'autres, l'ionisation sera le facteur essentiel.

Influence d'un isolant. — On imaginerait volontiers que la présence d'un isolant autour d'un fil doive accroître le potentiel critique déterminant l'apparition des couronnes et diminuer les pertes. C'est pourtant l'inverse qui se produit.

Il peut sembler paradoxal de dire que l'isolement d'un fil accroit les pertes par couronnes. En réalité, on peut expliquer le phénomène en admettant une décharge électronique à partir du métal et une ionisation dans le gaz.

La figure 2 représente les conditions de l'expérience. Une différence V de potentiel existe entre le fil et le tube.

R_1 = rayon du fil;
R_2 = rayon de l'isolant;
R_3 = rayon intérieur du tube cylindrique.

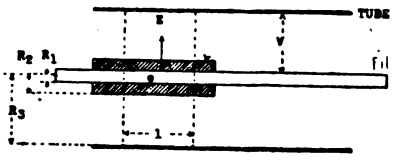


Fig. 2.

La force électrique E à la surface du fil recouvert par l'isolant est donnée par l'équation :

$$E k 2\pi R = 4\pi e,$$

où k est la constante diélectrique; R, le rayon au point où l'on mesure la force et e, la charge de la surface du fil par unité de longueur.

Par unité de longueur de la surface, on a

$$(1) \qquad E = \frac{4\pi e}{k.2\pi R} = \frac{2e}{kR}.$$

Pour calculer le potentiel ou le travail effectué par un déplacement dR de l'unité de charge, multiplions par dR

$$E\,dR = \frac{2e}{k}\frac{dR}{R}.$$

Le travail effectué par le déplacement de la charge de R_1 à R_2 est :

$$(2) \qquad \int_{R_1}^{R_2} E\,dR = \frac{2e}{k}\int_{R_1}^{R_2}\frac{dR}{R} = \frac{2e}{k}\log_n\frac{R_2}{R_1}.$$

De même, le travail effectué en passant de R_2 à R_3 où $k = 1$, est :

$$(3) \qquad \int_{R_2}^{R_3} E\,dR = 2e\int_{R_2}^{R_3}\frac{dR}{R} = 2e\log_n\frac{R_3}{R_2}.$$

Le potentiel V est :

$$(4) \qquad V = \int_{R_1}^{R_2} E dR + \int_{R_2}^{R_3} E dR = 2e\left(\frac{1}{k}\log_n\frac{R_2}{R_1} + \log_n\frac{R_3}{R_2}\right),$$

$$(5) \qquad e = \frac{V}{2\left(\frac{1}{k}\log_n\frac{R_2}{R_1} + \log_n\frac{R_3}{R_2}\right)},$$

$$(6) \qquad E = \frac{2e}{kR} = \frac{V}{kR\left(\frac{1}{k}\log_n\frac{R_2}{R_1} + \log_n\frac{R_3}{R_2}\right)} = \frac{V}{kR\log_n\left(\frac{R_2}{R_1}\right)^{\frac{1}{k}}\frac{R_3}{R_2}}.$$

La capacité pour le fil isolé est alors :

$$(7) \qquad C = \frac{e}{V} = \frac{1}{2\left(\frac{1}{k}\log_n\frac{R_2}{R_1} + \log_n\frac{R_3}{R_2}\right)}.$$

Quand l'air est le seul milieu qui intervienne, $k = 1$ et $R_2 = R_1$, d'où :

$$(8) \qquad C_1 = \frac{1}{2\log_n\frac{R_3}{R_1}}.$$

et l'équation (5) devient

$$(9) \qquad e_1 = \frac{V}{2\log_n\frac{R_3}{R_1}}.$$

La comparaison de (7) et de (8) montre que la présence de l'isolant accroît la capacité. On peut en conclure que, pour une même différence de potentiel, la charge e de la surface est également accrue.

La force nécessaire à l'expulsion d'une charge électrique unité à partir du métal, quand celui-ci est isolé, est exprimée par la relation

$$(10) \qquad F = \frac{2\pi\delta^2}{k},$$

mais,

$$\delta = \frac{e}{2\pi R_1},$$

d'où,

$$F = \frac{e^2}{2\pi k R_1^2},$$

et, en tenant compte de (5),

$$(11) \qquad F = \frac{V^2}{8k\pi R_1^2\left(\frac{1}{k}\log_n\frac{R_2}{R_1} + \log_n\frac{R_3}{R_2}\right)^2}.$$

L'isolement étant très mince, R_2 est très voisin de R_1, $\log_n\frac{R_2}{R_1}$ est négligeable et l'expression de F peut être approximativement prise égale à :

$$(12) \qquad F = \frac{V^2}{8k\pi R_1^2\left(\log_n\frac{R_3}{R_1}\right)^2}.$$

Quand il n'y a pas d'isolant autour du fil, $R_1 = R_2$, $k = 1$ l'équation (11) se réduit à :

$$(13) \qquad F_1 = \frac{V^2}{8\pi R_1^2\left(\log_n\frac{R_3}{R_1}\right)^2}.$$

La comparaison des relations (12) et (13) montre que la force F nécessaire pour expulser les électrons, lorsque la surface du fil, est recouverte d'un isolant, est très inférieure à la force F_1 nécessaire à l'expulsion des électrons à partir de la surface libre du métal.

Avec un fil négatif, on conçoit qu'il puisse apparaître une lueur sur la partie isolée d'un fil aux points où l'isolant est brisé, alors qu'aucune lueur n'apparaît sur la surface polie. La décharge dans ce cas est essentiellement électronique;

Digitized by Google

les grains lumineux sont très lumineux et le potentiel pour lequel la lueur apparaît est plus faible qu'avec un fil positif.

Pour un fil positif, une lueur uniforme très faible se développe autour de la surface polie : cette lueur positive est caractérisée par une couleur bleu pâle. Ces apparences doivent être attribuées essentiellement à un processus d'ionisation. Le fil étant chargé positivement, la force électrostatique peut avoir une valeur suffisante, au voisinage du fil, pour provoquer l'ionisation des molécules par choc, et, pour une énergie suffisante, la lumière est émise.

Les grains lumineux négatifs. — Les grains lumineux négatifs peuvent être considérés comme instables à deux points de vue : d'abord, ils se déplacent dans un sens et dans l'autre le long du fil, et, ensuite, ils donnent naissance à des oscillations. On sait, par exemple, qu'un flux d'électrons, comme celui qui intervient dans l'arc de Poulsen, est très instable et donne naissance à des oscillations à haute fréquence.

Tout au début, la lueur constituant la couronne négative couvre le fil entier. Une certaine quantité d'énergie est emmagasinée dans cette couche qui est dans un état instable et, finalement, se brise et donne naissance aux grains lumineux caractéristiques. Le phénomène est analogue à celui d'une couche d'eau qui recouvre un fil. La couche demeure uniforme jusqu'à ce qu'un certain degré d'instabilité soit atteint, après quoi elle se brise en gouttes.

Aussitôt qu'un grain est apparu, un courant intense prend naissance dans la région correspondante et échauffe le gaz et le métal. Un fil de faible diamètre peut être aisément fondu. Si la température s'élève et que la différence de potentiel diminue en ces points, le métal s'oxydera et la décharge se produira en différents points, entraînant le mouvement des grains d'un côté et d'autre le long du fil.

De plus, les grains affectent la forme d'un éventail dont le plan est perpendiculaire au fil, en sorte que dans ces plans la température sera plus élevée qu'elle ne l'est dans les régions voisines. Ceci donnera naissance à une distribution instable de la température qui déterminera les grains à se mouvoir le long du fil. L'effet est maximum quand le fil est vertical.

Cette instabilité est encore révélée par les variations incessantes que subit la pression d'ionisation avec un fil négatif et qui rendent impossible toute mesure précise.

On connaît un grand nombre d'exemples où l'électricité négative est émise par des surfaces ; par exemple, dans l'arc au mercure, la lueur qui part de l'extrémité négative ne provient pas de la surface entière de l'électrode, mais d'une tache lumineuse sur la surface du mercure qui se meut irrégulièrement. Un autre exemple est fourni par l'arc à carbone ordinaire, sous certaines conditions, lorsque l'extrémité négative de la flamme se déplace tout autour. Les grains négatifs peuvent d'ailleurs être comparés à un arc à divers points de vue ; ce sont de petits arcs qui, par un accroissement graduel du voltage, se rapprochent de plus en plus d'un arc défini.

Les grains représentent, en second lieu, une décharge plus ou moins instable dans laquelle des oscillations peuvent aisément prendre naissance. S.-P. Farwell a montré qu'un petit éclateur, en série avec le tube coronal, détermine la production d'oscillations dans le circuit électrique. L'arc, par exemple l'arc Poulsen, est un transformateur de courant continu en un courant alternatif à une fréquence très élevée.

Les grains sont toujours plus brillants et plus stables aux basses pressions qu'aux pressions élevées. Aux basses pressions, la décharge électronique à partir du métal prédomine sur l'ionisation par choc dans le gaz. Sous une pression croissante, l'ionisation par choc devient de plus en plus importante, et les grains sont plus petits et plus nombreux.

Dispositif d'entraînement des magnétos [1].

Ce dispositif a pour objet de rendre moins rigide l'accouplement des magnétos d'allumage aux moteurs à explosion et d'éviter que la poussée axiale du pignon d'entraînement de cette magnéto soit transmise directement à l'arbre de cette dernière et par suite à ses organes intérieurs assez délicats. Pour cela, sur le bout conique A de l'arbre de la magnéto (fig. 1) est monté un moyeu B muni de clavettes G. Sur ce moyeu coulisse un cylindre C qui porte autant de

Fig. 1

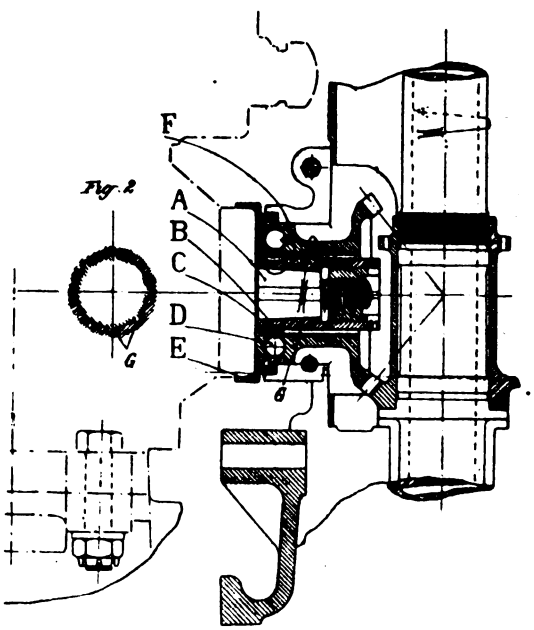


Fig. 2

Fig. 1 et 2. — Dispositif d'entraînement élastique pour magnétos.

rainures qu'il y a de clavettes sur le moyeu. — La poussée axiale du pignon d'entraînement se trouve ainsi transmise par le rebord du cylindre C à la flasque de la magnéto et peut être absorbée par cette flasque. Dans la pratique, on disposera, entre le cylindre C et la flasque, une butée à billes D dont la contre-plaque est centrée sur la flasque de la magnéto ; le cordon de centrage E est généralement une pièce rapportée épousant la forme de la flasque. La figure 1 est une coupe longitudinale de ce dispositif. — La figure 2 est une coupe du moyeu sur lequel peu glisser le pignon d'entraînement G.

[1] Société Lorraine des anciens établissements de Dietrich et Cie de Lunéville (France). *Brevet français n° 481 383*, demandé le 3 avril 1916, délivré le 5 septembre 1916, publié le 28 novembre 1916. 500 mots, 2 fig.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

Application de transformateurs-suceurs à la ligne électrique à courant monophasé de Perpignan à Villefranche de la Compagnie des chemins de fer du Midi

La Compagnie des chemins de fer du Midi procède, depuis plusieurs années, à l'étude de l'influence du courant de traction monophasé sur les lignes à courant faible placées dans le voisinage. Après avoir expérimenté divers dispositifs de protection pour pallier les effets des perturbations sur les lignes télégraphiques et téléphoniques, elle vient de réaliser de nouvelles installations pour supprimer la cause de ces perturbations. L'auteur, qui a étudié tout particulièrement ces installations, nous renseigne sur l'établissement de transformateurs-suceurs sur la ligne de Perpignan à Villefranche ; ces appareils ont pour but d'annihiler les troubles causés par l'induction électromagnétique. Après avoir exposé les recherches faites par la Compagnie pour étudier la circulation du courant de traction dans les rails de roulement, il donne dans le présent numéro une théorie élémentaire du transformateur-suceur dont la fonction est de drainer le courant de retour dans les rails ou dans un conducteur isolé placé à côté de la ligne caténaire. Les résultats des essais exécutés aux chemins de fer du Midi feront l'objet d'un prochain article.

I. — **Introduction**. — Les lignes à courant faible, placées dans le voisinage d'une ligne de traction à courant monophasé, sont le siège de perturbations dues à l'induction électrostatique et à l'induction électromagnétique. Différentes méthodes ont été préconisées pour éliminer ces deux sortes de trouble; les unes consistent à agir sur la cause des troubles, c'est-à-dire sur les générateurs de courant et sur le système de distribution d'énergie, les autres ont pour but de neutraliser l'effet produit sur les installations à courant faible [1].

Dans la présente étude, nous examinerons tout spécialement une solution appartenant à la première catégorie des deux méthodes de protection et consistant dans l'application, sur la ligne électrique à courant monophasé de Perpignan à Villefranche des chemins de fer du Midi, de transformateurs d'intensité dénommés « transformateurs-suceurs ». Nous donnerons d'abord une théorie élémentaire du phénomène et nous montrerons ensuite l'efficacité de ces transformateurs sur les troubles d'origine électromagnétique [2].

La force électromotrice d'induction électromagnétique sur un circuit dont le retour se fait par la terre (ou d'une ligne télégraphique) peut être calculée par la relation générale :

$$e = 4.6 \times 10^{-4} \left| K \log \frac{r_2}{r_1} + (1 - K) \log \frac{r_2 + d}{r_1} \right| L \omega I, \quad (1)$$

dans laquelle :

K désigne la portion du courant de traction revenant par les rails (varie de 0 à 1) ;

d la distance à la surface du sol du conducteur fictif de retour (fig 1) parcouru par la portion $1 - K$ du courant de traction [3] ;

L = la longueur du parallélisme en kilomètres de la ligne de traction et du fil télégraphique ;

I = l'intensité du courant de traction ;

r_1 = la distance du fil télégraphique au fil de trolley ;

r_2 = la distance du fil télégraphique aux rails de roulement.

Il ressort de l'examen de cette formule que, dans une installation courante de traction monophasée, la force électromotrice d'induction électromagnétique est d'autant plus importante que la distance entre les conducteurs d'aller et de retour est plus grande et que la portion du courant revenant par le sol est plus élevée.

Si, par un dispositif approprié, il est possible de faire

(1) J.-B. Taylor. *Proceedings of the A. I. E. E.*, 28 octobre 1909, p. 1287-1332.

P.-J. Howe. *Telephone Engineer*, juillet et août 1913.

Devaux-Charbonnel. *La Lumière électrique*, nos 10-11-12-13-14 des 4, 11, 18, 25 mars et 1er avril 1916.

(2) Sur cette même ligne, des essais sont en cours pour éliminer, à l'aide d'un fil de contre-tension, les troubles d'origine électrostatique ; les résultats de ces expériences seront publiés ultérieurement.

(3) D'après des expériences faites par M. Griousse sur la ligne de Lourdes à Tarbes, le conducteur fictif de retour se trouverait à une profondeur de 2000 m environ. Aux Etats-Unis, MM. Murray et Scott ont trouvé le chiffre de 1500 m sur la ligne New-York-New-Haven.

Digitized by Google

revenir tout le courant par les rails, la formule (1) se réduit à l'expression :

$$e = 4{,}6 \times 10^{-4} \log \frac{r_2}{r_1} L\omega I. \qquad (2)$$

Cette valeur de e sera encore diminuée si l'on peut obliger le courant de retour à revenir par un conducteur

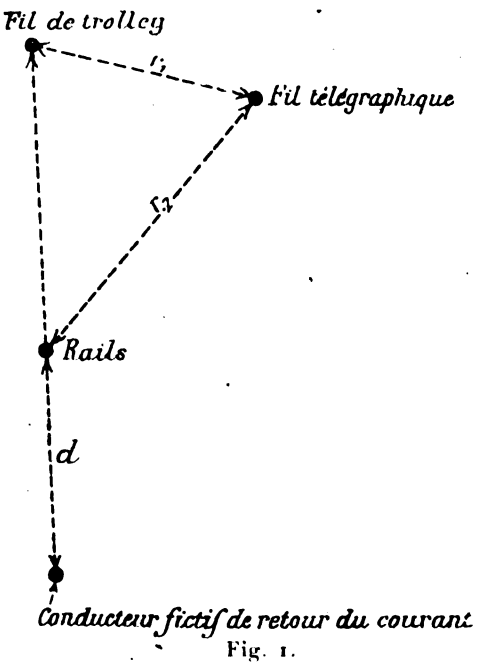


Fig. 1.

isolé placé à proximité du fil de trolley; dans ce cas, en effet, r_2 est presque égal à r_1.

Cette dernière disposition correspond à celle d'une ligne ordinaire de distribution d'énergie.

II. — Circulation du courant de traction dans les rails. — En vue de favoriser la circulation du courant de retour par les rails de roulement d'une ligne de traction quelconque, il est fait usage de connexions électriques aux joints des rails et de connexions transversales entre files de rails. Mais, dans une ligne de traction à courant alternatif, cette précaution est insuffisante par suite de la résistance offerte par les rails à la circulation du courant (effet pelliculaire (1) et réactance).

A la suite d'essais effectués sur une section de la voie P. K. 192 au P. K. 186 de la ligne de Lourdes à Pierrefitte, dont les rails étaient soigneusement éclissés, il a été possible d'établir une courbe (fig. 2) représentant la répartition du courant de retour dans les rails de roulement pour une position donnée du train électrique.

Pour la réalisation de ces essais, il avait été fait usage d'un feeder, issu de la sous-station de Lourdes, pour le transport d'un courant de 20 A à 440 V.

L'un des conducteurs de ce feeder était connecté, au P. K. 192, à la caténaire qui, à son tour, était reliée aux rails au P. K. 186; le second conducteur du feeder était connecté directement aux rails au P. K. 192. Avec cette disposition, on pouvait supposer que le locomoteur électrique était au P. K. 186 et la sous-station fictive au P. K. 192. Il convient de remarquer qu'au milieu de l'intervalle de la section considérée, le rapport du courant de retour dans les rails au courant débité dans la caténaire n'est plus que de 5 pour 100 environ.

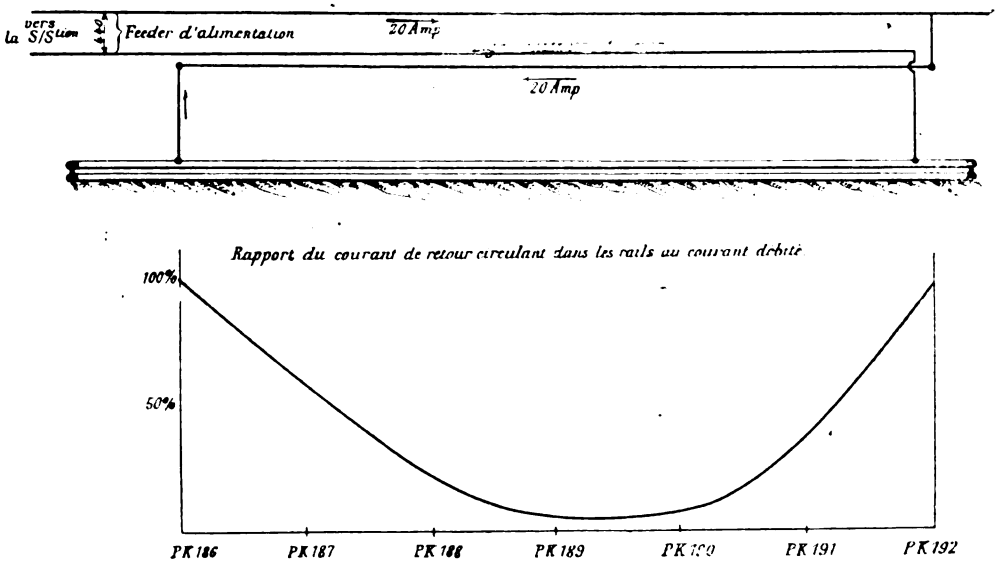


Fig. 2. — Circulation du courant de traction dans des rails éclissés.

Il semble, par analogie avec ce qui se fait sur les lignes de traction à courant continu, que l'on pourrait diminuer la déperdition du courant dans le sol en doublant les rails d'un conducteur de retour. Or, le calcul montre que, si la présence de ce conducteur améliore la

(1) C. Villiers; Etude expérimentale sur la résistance des rails en courant alternatif. *Bulletin de la Société internationale des Electriciens*, décembre 1911.

Digitized by Google

conductibilité de la voie, elle ne l'améliore pas suffisamment pour empêcher la diffusion d'une partie importante du courant dans le sol. Cette conclusion a été vérifiée au cours d'expériences réalisées sur la section d'Ille à Villefranche de la ligne monophasée de Perpignan à Villefranche.

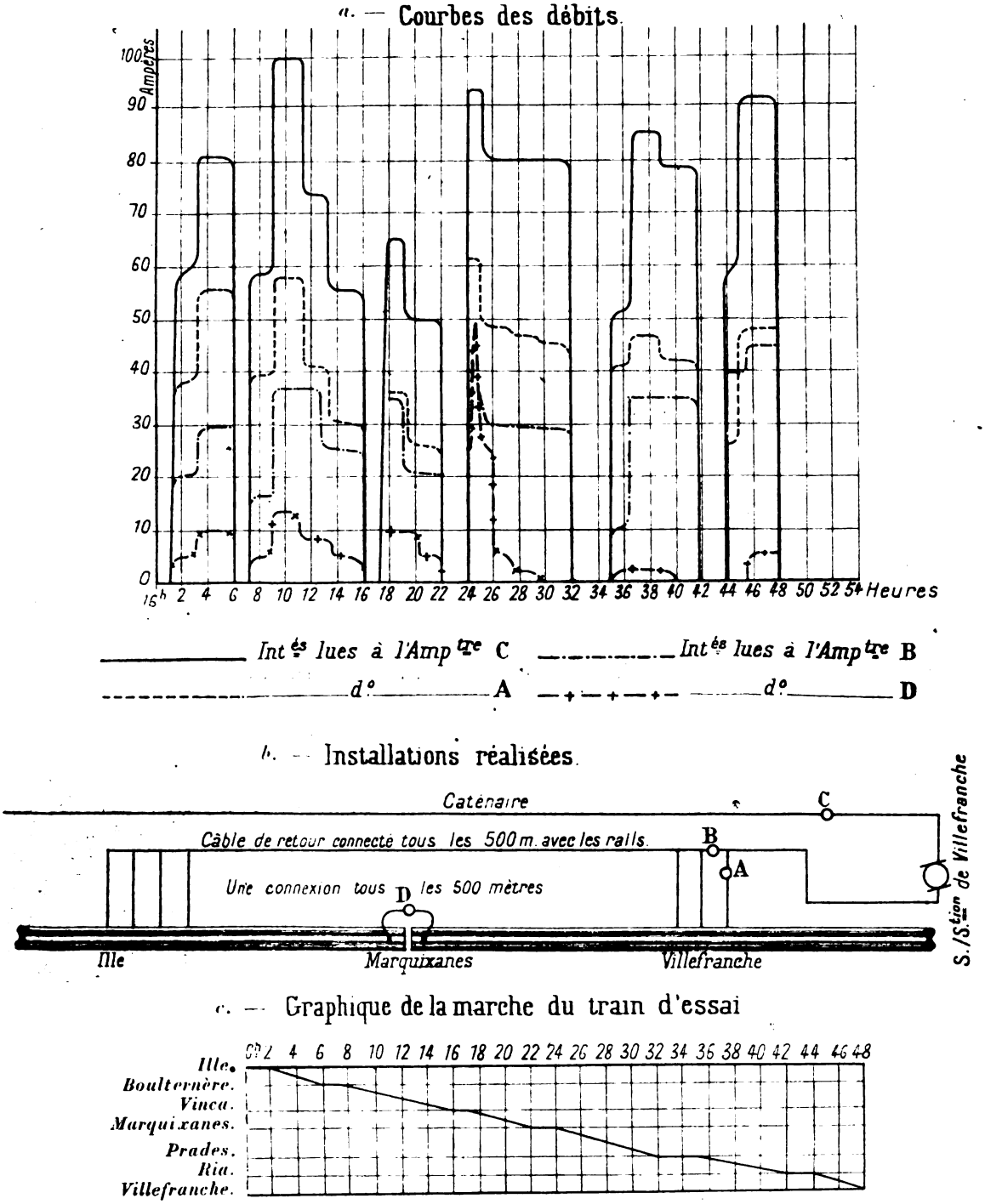


Fig. 3. — Circulation du courant de traction dans les rails et dans une conduite isolée mise en parallèle avec lui — *a*) courbes des débits ; *b*) installations réalisées ; *c*) graphique de la marche du train d'essai.

Un conducteur d'aluminium de 131 mm² de section était relié tous les 500 m aux rails de roulement (fig. 3 *b*). Des ampèremètres A, B, C, D, avaient été disposés sur la dernière connexion du rail au conducteur en aluminium, sur ce conducteur immédiatement en amont de cette dernière connexion, sur la caténaire au

Digitized by Google

départ de la sous-station et enfin sur la voie de roulement au milieu de la section considérée. Pendant la circulation d'un train d'essai (fig. 3 *c*), les intensités étaient relevées sur chacun des ampèremètres par plusieurs opérateurs dont les montres avaient été réglées avant les essais. Les courbes de la figure 3 donnent, pour chaque position du train, les valeurs des intensités du courant dans les divers conducteurs de l'installation. L'examen de ces courbes montre qu'il circule dans le sol 50 pour 100 environ du courant absorbé par le locomoteur électrique.

Des résultats plus satisfaisants peuvent être obtenus par l'emploi de transformateurs d'intensité dont l'un des enroulements est inséré dans le fil de trolley et l'autre enroulement intercalé dans les rails de roulement (fig. 4).

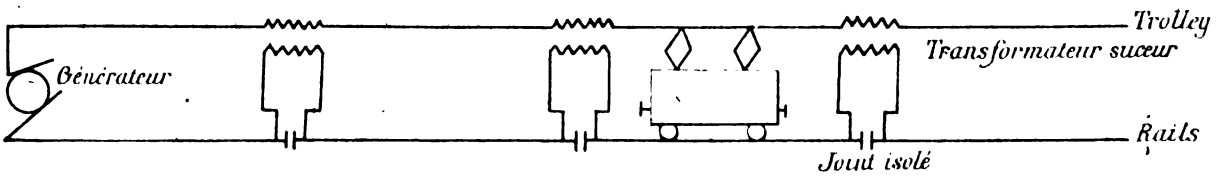


Fig. 4. — Montage des transformateurs suceurs sur la voie de roulement.

Ces appareils, qui ont un rôle comparable aux machines dévoltrices utilisées dans les installations de traction à courant continu, sont désignés couramment sous le nom de « transformateurs-suceurs » eu égard à leur fonction qui est de « sucer » dans les rails tout le courant de retour.

Avec cette disposition, le courant de retour étant presque complètement drainé dans les rails, l'induction électromagnétique dans les lignes à courant faible voisines de la ligne de traction sera réduite dans une forte proportion. Mais la compensation du champ électromagnétique ainsi obtenue sera améliorée si le transformateur-suceur aspire le courant de retour dans un conducteur placé tout à côté du fil de trolley; ce procédé

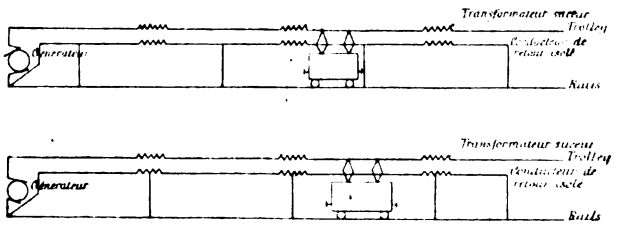


Fig. 5 et 6. Montage des transformateurs-suceurs avec conducteur de retour isolé.

conduit à l'adoption du montage de la figure 5 ou de la figure 6.

III. — **Etude du fonctionnement du transformateur-suceur.** — a) *Transformateur dont le secondaire est en série avec les rails.* On peut admettre que la partie du courant de retour qui se dérive dans le sol circule dans le conducteur fictif AFD (fig. 7). Pour que le courant de retour revienne en totalité au générateur par les rails de roulement, il est nécessaire que la résistance offerte par les rails à la circulation du courant soit nulle. Ce résultat est obtenu en créant, en un point du conducteur considéré, une force électromotrice égale et de signe contraire à la chute de tension du courant de retour dans les rails entre le générateur et le locomoteur. Cette force électromotrice qui, à chaque instant, doit être proportionnelle au courant absorbé par le locomoteur, sera produite par le transformateur-suceur.

L'insertion, dans le circuit ABCD, de la force électromotrice en question appliquée entre les points B et C a pour résultat de porter au même potentiel les points D et A; comme la circulation du courant ne peut se faire qu'entre deux points à des potentiels différents, le courant ne passera pas par le conducteur fictif AFD, alors

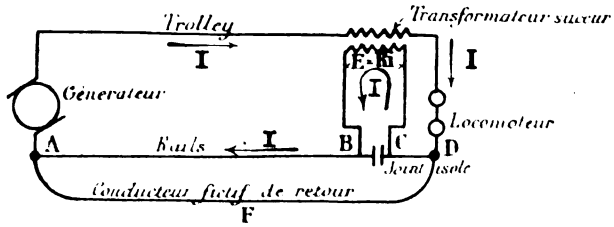


Fig. 7. — Schéma de circulation des courants avec montage du transformateur sur les rails de roulement.

qu'il circulera par les rails de roulement par suite de la différence de tension existant d'une part entre C et B (force électromotrice du transformateur-suceur) et d'autre part entre B et A (chute de tension due à l'impédance des rails).

b) *Transformateur dont le secondaire est en série avec le conducteur de retour isolé.* — Le montage des figures 5 et 6 peut être réduit au schéma de la figure 8 pour une

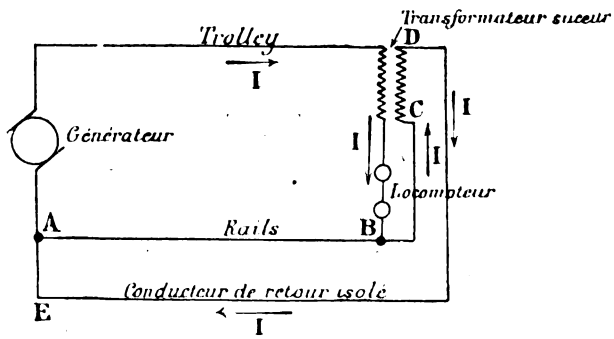


Fig. 8. — Schéma de circulation du courant avec montage du transformateur sur le conducteur de retour isolé.

portion de ligne comprise entre deux connexions du conducteur isolé avec les rails.

Dans le cas qui nous occupe, il s'agit de dériver tout

Digitized by Google

le courant de retour par le conducteur BCDE. Il faut pour cela réduire à sa plus faible valeur la résistance de ce conducteur.

A cet effet, une force électromotrice sera créée entre deux points de la ligne, et sa valeur devra être égale et de signe contraire à la chute de tension du courant dans le conducteur isolé.

Du fait que les points B et A sont portés au même potentiel, le courant ne peut suivre que le trajet BCDE sur lequel existent des différences de tension, d'une part, entre C et D et, d'autre part, entre D et E.

Examinons, au point de vue théorique, les conditions qui doivent être remplies pour avoir un fonctionnement satisfaisant du transformateur-suceur installé d'après le schéma de la figure 5.

Considérons par exemple (fig. 9) une zone ABCD, sur laquelle ne circule pas de locomoteur, comprenant

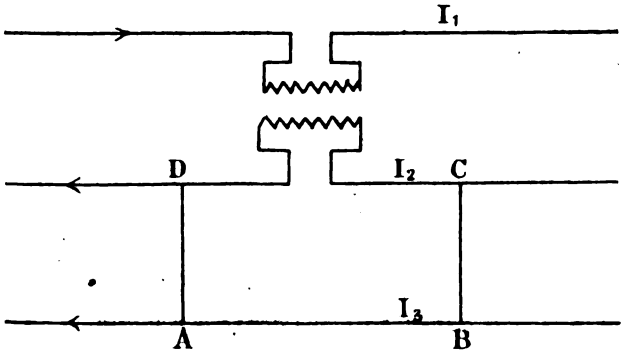


Fig. 9.

un transformateur-suceur dont l'enroulement primaire est connecté en série avec la ligne de prise de courant et dont l'enroulement secondaire est mis en série avec le conducteur de retour isolé.

Soient :

i_1 — l'intensité instantanée du courant dans la ligne de contact;

i_2 — l'intensité instantanée du courant dans le conducteur de retour isolé;

i_3 — l'intensité instantanée du courant dans les rails;

L_1, L_2, M — les coefficients de self-induction et d'induction mutuelle des enroulements du transformateur-suceur;

R_1, R_2, R_3 — les résistances ohmiques des lignes et du rail dans la section considérée.

Nous ne tiendrons pas compte des valeurs des coefficients d'induction des lignes (self-induction et induction mutuelle) qui sont très faibles vis-à-vis des valeurs des coefficients analogues relatifs aux enroulements des transformateurs.

Nous négligerons également la résistance des enroulements du transformateur.

Nous admettrons pour sens positifs de circulation des courants i_1 et i_2 les sens de circulation réels dans chaque enroulement du transformateur.

Le circuit ABCD donne la relation :

$$R_2 i_2 + L_2 \frac{di_2}{dt} - M \frac{di_1}{dt} - R_3 i_3 = 0 \qquad (3)$$

D'autre part :

$$i_3 = i_1 - i_2. \qquad (4)$$

On voit à l'examen de la figure 10, sur laquelle sont reproduites les constructions graphiques des équations (3) et (4), que si le courant I_3 est très faible et voisin de zéro, les vecteurs $OD = I_1$ et $OE = -I_2$ sont sensiblement égaux et que le polygone OABCO représentant l'équation (3) se déforme pour tendre vers le triangle OAB.

A la limite, ce triangle a ses côtés O B et O A, très grands et sensiblement égaux. Ce résultat conduit à conclure que l'annulation du courant I_3 n'a lieu que si les coefficients L_2 et M ont des valeurs égales et très élevées.

Cette double condition ne peut être obtenue qu'avec un transformateur de rapport 1 et de puissance infiniment grande.

Si, pratiquement, la première de ces conditions est

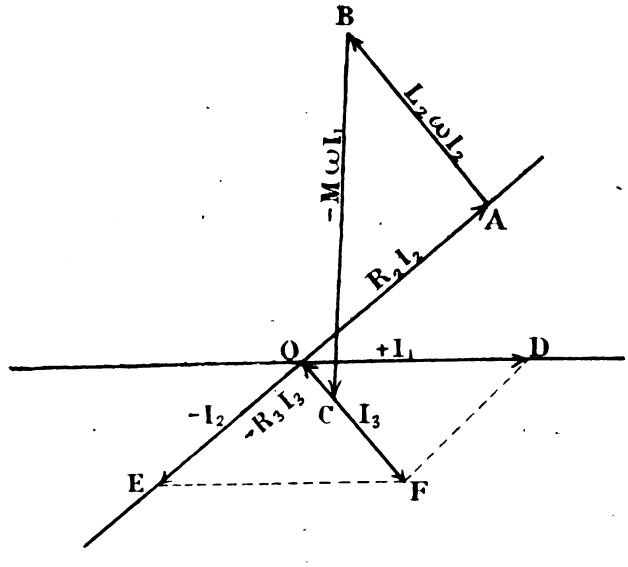


Fig. 10.

facilement réalisable, il n'en est pas de même de la seconde. Il sera donc impossible d'aspirer complètement dans le conducteur isolé tout le courant de retour; on pourra cependant abaisser le courant I_3 à une valeur très réduite, si l'on dimensionne le transformateur de façon qu'il ne soit pas surchargé pour l'intensité de service de la ligne de traction (1).

(1) A titre de renseignement, nous donnerons ci-après les essais que nous avons faits au Laboratoire de la Société Oerlikon sur un transformateur-suceur de 12 kv-a et d'in-

Digitized by Google

L'étude précédente peut être faite également en résolvant le problème en courant continu.

Supposons que le locomoteur se trouve au droit d'une connexion reliant le feeder aux rails de roulement (montage des figures 5 et 6).

Le générateur de force électromotrice E (fig. 11) crée un courant I_1 qui doit vaincre, avant d'arriver au point C, la résistance R_1 de la ligne de travail, la force contre-électromotrice e_1 (primaire du transformateur-suceur), la force contre-électromotrice E_M du récepteur. Ce courant I_1 se bifurque au point C. Une portion I_3

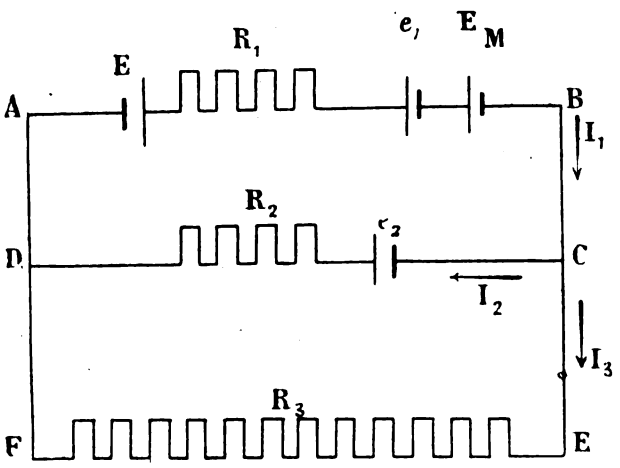


Fig. 11.

revient au générateur par le conducteur CEFD (rails de roulement) et une autre partie I_2 se rend au générateur par le conducteur CD (conducteur isolé) après avoir traversé le générateur e_2 (secondaire du transformateur-suceur) et la résistance R_2.

Les lois de Kirchhoff appliquées successivement aux circuits ABEFA et DCEFD donnent :

$$E - e_1 - E_M - R_1 I_1 - R_3 I_3 = 0, \qquad (5)$$

$$- e_2 - R_3 I_3 + R_2 I_2 = 0, \qquad (6)$$

$$I_1 = I_2 + I_3. \qquad (7)$$

En résolvant ces équations on trouve les valeurs suivantes :

$$I_1 = \frac{(E - E_M - e_1)(R_2 + R_3) + e_2 R_3}{R_1 R_2 + R_3 (R_1 + R_2)}, \qquad (8)$$

$$I_2 = \frac{E - E_M - e_1) R_3 + e_2 (R_1 + R_3)}{R_1 R_2 + R_3 (R_1 + R_2)}, \qquad (9)$$

$$I_3 = \frac{E - E_M - e_1) R_2 - e_2 R_1}{R_1 R_2 + R_3 (R_1 + R_2)}. \qquad (10)$$

Pour que $I_3 = 0$, il faut que

$$(E - E_M - e_1) R_2 = e_2 R_1,$$

soit

$$e_2 = \frac{(E - E_M - e_1) R_2}{R_1}. \qquad (11)$$

En portant cette expression dans les formules (8) et (9), on obtient les nouvelles valeurs de I_1 et I_2

$$I_1 = \frac{E - E_M - e_1}{R_2} = I_2. \qquad (12)$$

Des formules (11) et (12), on tire

$$R_1 I_2 = \frac{R_1 e_2}{R_2},$$

ou

$$e_2 = R_2 I_2. \qquad (13)$$

En admettant que $I_1 = I_2 = I$, la loi de Kirchhoff appliquée au circuit ABCDA donne la relation

$$E - E_M - e_1 + e_2 - (R_1 + R_2) I = 0. \qquad (14)$$

Si ce circuit avait été constitué sans l'interposition du transformateur-suceur, sa résistance totale aurait été telle que :

$$E - E_M - (R_1 + R_2) I = 0. \qquad (15)$$

Donc pour que l'intercalation du transformateur-suceur ne change en rien la résistance du circuit, il est nécessaire que :

$$e_1 = e_2. \qquad (16)$$

Les résultats obtenus avec les formules (13) et (16) conduisent aux conclusions suivantes :

1° La force électromotrice du secondaire du transformateur-suceur devra être égale et de signe contraire à la chute de tension du courant due à l'impédance du conducteur isolé ;

2° L'intercalation du transformateur-suceur dans le circuit de traction ne modifiera pas la résistance totale de ce circuit, si le transformateur est construit avec le rapport de transformation égal à l'unité.

(A suivre.)

CH. DACHARY.

tensité de 110 A pour nous rendre compte de la variation du courant I_3 avec le débit du courant primaire.

I_1	I_2	I_3
40 A	37 A	2,68 A
55	50,5	3,65
88	83	5,8
110	104	11
135	120	25
145	131	43,5
198	152	115

Digitized by Google

Quelques considérations sur le réglage de la tension par les régulateurs automatiques instantanés

Le réglage automatique et la tension des stations centrales alimentant de grands réseaux régionaux, présente un intérêt tout particulier. Les régulateurs instantanés offrent une solution très avantageuse du problème. Dans l'exposé ci-dessous, les différents cas qui peuvent se présenter dans la pratique ont été examinés en détail, ainsi que les solutions correspondantes.

Les grandes distributions d'énergie modernes se faisant généralement sous forme de courants triphasés à tension constante, il est naturel qu'on ait cherché à réaliser le plus rigoureusement possible cette constance de la tension, en s'efforçant de compenser, par une action rapide à la station centrale même, l'effet des perturbations dans les réseaux.

Sans nous étendre longuement sur les effets produits dans un réseau alternatif triphasé par des variations de la tension d'alimentation, nous rappellerons toutefois que les appareils d'éclairage en général sont très fâcheusement influencés par elles, et que, d'autre part, si ces variations n'ont pas d'effet sur la vitesse des moteurs alimentés (vitesse qui ne dépend que de la fréquence), elles ont une très mauvaise répercussion sur les facteurs de puissance, les conditions d'échauffement et de rendement des moteurs synchrones et asynchrones branchés sur les réseaux où elles se produisent. Dans certains cas défavorables, elles peuvent même amener des accidents de décrochage, surtout dans le cas des moteurs synchrones et des commutatrices.

Remarquons, de plus, que, pour ces dernières machines, les variations de tension du réseau primaire se reproduisent dans le réseau secondaire à courant continu qu'elles alimentent dans le même rapport que le rapport de transformation.

La cause principale de ces variations de tension est évidemment due au régime variable de la puissance demandée par le réseau à la station centrale. Il en résulte que, pour une excitation donnée, le ou les alternateurs en fonctionnement débitent une puissance plus grande ou plus petite que celle qui correspond à cette valeur de l'excitation, ce qui produit des variations dans la chute de tension de chaque alternateur et par suite des modifications dans la tension d'alimentation. Pour remédier à ces variations, il suffit d'agir judicieusement sur l'excitation de chaque alternateur, mais il va sans dire qu'une telle manœuvre exécutée à la main ne serait ni assez rapide, ni assez continue pour répondre à la question.

On a donc cherché à résoudre le problème au moyen d'appareils permettant automatiquement des variations rapides du courant dans les circuits d'excitation des alternateurs en fonctionnement.

Pour rendre l'appareil plus simple et plus économique, on a été conduit à agir, non pas sur le courant d'excitation lui-même, mais sur le courant d'excitation de la machine à courant continu qui le produit et qu'on nomme excitatrice.

Pour fixer les idées, nous supposerons toujours dans la suite une station centrale comprenant plusieurs alternateurs produisant des courants alternatifs triphasés, chaque turbo-alternateur étant muni d'une excitatrice en bout d'arbre.

Principe de fonctionnement des régulateurs instantanés. — Le régulateur se compose généralement, en principe, d'un électro à courant alternatif et d'un électro à courant continu.

Ces deux électros commandent chacun un système de noyau et de leviers à l'extrémité desquels se trouvent les contacts principaux; ces contacts principaux commandent les relais qui agissent sur les rhéostats des excitatrices.

L'électro à courant alternatif est influencé par les variations de tension par l'intermédiaire d'un transformateur de potentiel lorsque l'installation est à haute tension; l'électro à courant continu est alimenté par l'excitatrice ou les barres omnibus d'excitation; il sert de bobine d'asservissement. Les relais mettent en circuit ou en court-circuit la résistance d'excitation des excitatrices; la position relative des deux leviers des électros à courant alternatif et à courant continu règle la durée des mises en circuit ou en court-circuit des rhéostats d'excitatrices.

Si la tension des barres omnibus principales tend à monter, le régulateur en faisant ouvrir les relais met en circuit les résistances d'excitation des excitatrices; la tension d'excitation tend à diminuer et à rétablir la tension principale à sa valeur normale. Si la tension principale tend à diminuer, le régulateur, en court-circuitant les rhéostats d'excitation des excitatrices, fait monter la tension d'excitation et rétablit la tension principale à sa valeur normale.

Remarquons, en passant, qu'il est possible, en disposant sur l'électro-alternatif un bobinage supplémentaire alimenté par un transformateur d'intensité branché en bout de ligne d'un feeder d'alimentation, de compenser la chute de tension dans ce feeder.

Les régulateurs instantanés de ce type reposent, ainsi qu'il ressort des lignes précédentes, sur un système analogue au système de régulation par tout ou rien utilisé dans certains moteurs à gaz. Ils ont l'avantage considérable sur les autres régulateurs d'avoir un fonction-

Digitized by Google

nement très rapide grâce à la commande électrique de toutes les transmissions et à la faible inertie des pièces en mouvement.

Cette rapidité de fonctionnement est une des qualités essentielles que doit posséder un régulateur dans le cas que nous envisageons ; il ne faut pas oublier, en effet, que les constantes de temps des circuits d'excitation ont des valeurs élevées. La forte self-induction présentée par ces circuits fait toujours naître un retard à l'établissement d'un nouveau régime d'excitation. Il y a donc un intérêt primordial à ne pas ajouter encore à ce retard les lenteurs de fonctionnement d'un régulateur, ce qui, au fond, produirait un résultat analogue à celui d'une augmentation de la constante de temps des circuits d'excitation.

Le régulateur Tirrill et ses dérivés constituent actuellement la série des régulateurs instantanés dont le fonctionnement est le plus efficace.

Malgré les avantages présentés par ce système de régulateurs instantanés, il ne faut pas leur demander plus qu'ils ne peuvent faire. Nous allons, dans la suite de cet article, examiner différentes difficultés qui peuvent se présenter dans leur fonctionnement, et les moyens d'y remédier dans la mesure du possible.

Tout d'abord, pour permettre au régulateur d'agir dans les meilleures conditions possibles, il faut observer certaines règles pour la construction des excitatrices et des alternateurs. Bien que ces règles ne soient pas absolues, il est prudent de s'en rapprocher autant que possible, si on veut éviter des déboires ultérieurs dans le réglage de la tension. Ces règles sont :

1° Il faut que les excitatrices soient peu saturées ;

2° Il faut que leur marche soit stable même aux plus faibles charges. (Cette condition est absolument indispensable) ;

3° Il faut que, pour les alternateurs, le courant d'excitation entre la marche à vide et la marche en surcharge n'augmente pas dans une proportion supérieure à celle de 1 à 3.

Principaux cas de fonctionnement. — Ces principes étant une fois pour toutes établis, il y a trois cas principaux à examiner lorsqu'on veut prédéterminer les conditions de réglage de la tension d'une station centrale donnée par régulateur automatique instantané.

1° Les alternateurs sont des machines identiques, de même puissance, avec excitatrices semblables et établies en tenant compte des conditions précédentes ;

2° Les alternateurs ne sont pas identiques, leurs puissances sont différentes, les excitatrices ne sont pas semblables, mais on a observé les règles de construction ci-dessus ;

3° On a en présence soit des machines semblables, soit des machines différentes, dans lesquelles on n'a pas tenu compte des conditions précédentes, bien qu'on ait respecté la condition de stabilité aux faibles charges, cette condition étant absolument essentielle.

Premier cas. — La solution est simple : on met toutes les excitatrices en parallèle et on règle la tension de chacune d'elles au moyen d'un ou plusieurs relais par excitatrice.

Dans le cas où on utilise plusieurs relais par excitatrice, on divise les rhéostats en plusieurs parties, chacune de ces parties est alors reliée aux deux bornes d'un relais.

On établit naturellement un système de barres omnibus d'excitation sur lesquelles les excitatrices débitent en parallèle ; tous les circuits d'excitation des alternateurs sont alors pris en dérivation aux bornes des barres omnibus d'excitation. Il faut se réserver la possibilité d'alimenter ces barres omnibus par un groupe d'excitation indépendant capable de fournir le courant total d'excitation correspondant à l'ensemble des alternateurs qu'on veut faire fonctionner en parallèle.

Pour avoir, d'autre part, toute la souplesse désirable dans l'installation, il faut que le tableau de distribution permette :

a) La marche de chaque alternateur avec son excitatrice sans passer par les barres omnibus

b) La marche de chaque alternateur excité par les barres omnibus, les excitatrices débitant en parallèle sur ces barres.

c) Le passage sans interruption d'un genre de marche à l'autre.

Il est à remarquer que les rhéostats d'excitation sur les circuits des alternateurs sont absolument nécessaires pour la raison suivante :

Je suppose, pour fixer les idées, qu'une station centrale soit constituée par quatre turbo-alternateurs de chacun 1 000 kv-a, chaque alternateur étant muni d'une excitatrice en bout d'arbre à la tension de 110 v ; à une heure donnée, nous marchons avec deux turbo-alternateurs en parallèle ; à ce moment la demande du réseau exige la mise en parallèle d'un troisième alternateur.

Pour faire la manœuvre correspondante, il faut opérer de la façon suivante :

Amener le turbo-alternateur à sa vitesse normale ;

Exciter l'excitatrice de manière à amener son voltage à être égal à celui des barres omnibus d'excitation ;

Coupler l'excitatrice en parallèle avec les barres omnibus ;

Faire agir le régulateur instantané sur cette nouvelle excitatrice et répartir les charges entre les trois excitatrices en parallèle, au moyen d'un rhéostat additionnel d'excitation, dit rhéostat d'égalisation ;

Exciter l'alternateur de manière que sa tension aux bornes à vide soit égale à celle des barres omnibus du réseau ; coupler alors l'alternateur sur le réseau d'après les procédés normaux.

Il est bien évident que la tension aux bornes des barres omnibus d'excitation, au moment de la mise en parallèle du nouvel alternateur, correspond à celle qui est nécessaire pour entretenir le courant d'excitation utile dans les circuits d'excitation des deux alternateurs déjà en fonctionnement. Cette tension est beaucoup plus élevée que le voltage nécessaire pour entretenir, dans le

Digitized by Google

circuit d'excitation du nouvel alternateur à coupler en parallèle, le courant d'excitation pour la marche à vide ; il faudra donc absorber la différence dans le rhéostat de champ de l'alternateur.

Le couplage du nouvel alternateur avec les barres omnibus générales étant fait, on agit sur les régulateurs des turbines de manière à répartir les charges entre les divers alternateurs, tout en ramenant progressivement le rhéostat de champ du dernier alternateur couplé à une valeur fixe, déterminée une fois pour toutes par les conditions de fonctionnement du régulateur instantané. Comme nous avons supposé les turbines identiques, les alternateurs ayant des chutes de tension égales pour des charges égales, le courant de circulation entre ces trois alternateurs sera minimum tant que, réglés par le régulateur, la puissance wattée sera répartie également entre les trois machines. Cette condition est toujours assez facile à remplir, étant donné qu'on peut agir électriquement à distance depuis le pupitre de manœuvre sur les régulateurs mécaniques des turbines.

Lorsqu'on veut arrêter un alternateur, on opère en sens inverse. En agissant sur les régulateurs des turbines, on décharge tout d'abord l'alternateur à arrêter tout en réglant le courant d'échange par le rhéostat d'excitation de cet alternateur ; lorsqu'on estime que la charge de cette machine est suffisamment petite pour qu'elle puisse se répartir sans inconvénient sur les deux autres, on fait déclancher le disjoncteur de mise en parallèle. Remarquons que, pendant toute cette opération, le régulateur a assuré la marche en parallèle de l'excitatrice de l'alternateur qu'on veut arrêter avec les autres ; il faut maintenant annuler le débit de cette excitatrice en agissant sur le rhéostat additionnel d'excitation, dit rhéostat d'égalisation ; on ouvrira l'interrupteur de couplage avant que le débit passe par zéro pour éviter des inversions de polarité dans les excitatrices ; on fera cesser ensuite le fonctionnement du régulateur sur l'excitatrice du groupe dont il s'agit ; on pourra arrêter alors le groupe correspondant.

Remarquons qu'avec le dispositif préconisé dans le cas n° 1 (barres omnibus d'excitation) le courant continue à passer dans le circuit d'excitation de l'alternateur même arrêté. Pour couper ce circuit d'excitation, il faut utiliser un interrupteur à rupture brusque avec résistance de décharge, si on veut éviter d'endommager les inducteurs par la surtension due à l'extra-courant de rupture dans un circuit possédant une forte self-induction.

Dans les grandes installations, pour pouvoir réaliser toutes les manœuvres nécessaires, il est bon d'utiliser le schéma de la figure 1. Cette disposition consiste à brancher deux interrupteurs bipolaires en série sur le circuit reliant l'excitatrice aux barres omnibus.

L'interrupteur A est à rupture brusque ; l'interrupteur B n'est pas à rupture brusque. Une résistance de décharge est branchée entre les points 1 et 4. Au point 4 de l'interrupteur B, on dispose une machoire supplémentaire. Lorsque l'interrupteur B est ouvert, on le ramène sur cette machoire, de sorte que la résistance de décharge est mise en circuit si l'on vient à ouvrir l'interrupteur A. Le circuit d'excitation de l'alternateur est connecté entre ces deux interrupteurs.

Voyons d'un peu plus près les manœuvres susceptibles d'être exécutées avec cette disposition :

a) Exciter l'alternateur par les barres omnibus;

b) Exciter l'alternateur par l'excitatrice en bout d'arbre ;

c) Mettre en parallèle l'excitatrice avec les barres omnibus pour passer en charge de l'excitation par les barres omnibus à l'excitation par l'excitatrice en bout d'arbre ;

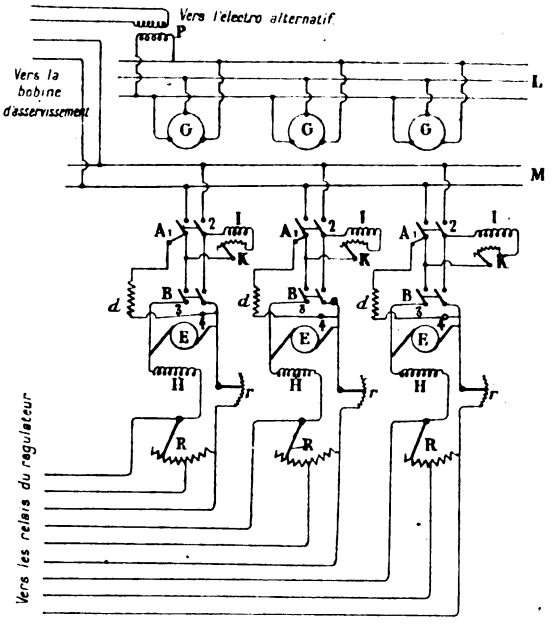


Fig. 1. — Schéma des connexions pour marche en parallèle avec régulateurs instantanés de trois alternateurs, les trois excitatrices fonctionnant elles-mêmes en parallèle.

G, Alternateurs ; A, Interrupteurs de champ à rupture brusque ; B, Interrupteurs de champ sans rupture brusque ; I, Enroulements d'excitation des alternateurs ; K, Rhéostats ; d, Résistances de décharge ; E, Excitatrices ; H, Enroulements d'excitation des excitatrices ; r, Rhéostats d'égalisation des excitatrices ; R, Rhéostats d'excitation des excitatrices ; L, Barres omnibus générales ; M, Barres omnibus d'excitation ; P, Transformateur de potentiel ; S, Transformateur d'intensité.

d) Mettre en parallèle l'excitatrice avec les barres omnibus pour passer, en charge, de l'excitation par l'excitatrice en bout d'arbre à l'excitation par les barres omnibus.

Les manœuvres *a* et *b* sont très simples ; les manœuvres *c* et *d* sont plus délicates, nous allons en décrire le processus.

Manœuvre *c*. — L'alternateur étant excité par les barres omnibus, on veut passer, sans arrêter l'alternateur, à la marche avec excitatrice en bout d'arbre.

On amène la tension de l'excitatrice à être égale à celle des barres omnibus, on couple en parallèle par l'interrupteur B, puis on agit sur le rhéostat d'excitation de l'excitatrice de manière à annuler le débit des barres

Digitized by Google

omnibus et à le remplacer par le débit de la nouvelle excitatrice; on ouvre alors l'interrupteur A. Il n'y a pas d'inconvénient à laisser fonctionner le régulateur sur les barres omnibus pendant cette opération.

Remarquons qu'au moment de la coupure de l'interrupteur A, la résistance de décharge n'a pas à intervenir, puisqu'à ce moment l'intensité traversant cet interrupteur est nulle.

Manœuvre d. — L'alternateur étant excité par son excitatrice en bout d'arbre, on veut arrêter cette excitatrice et exciter l'alternateur par les barres omnibus. En agissant convenablement sur le rhéostat d'excitation de l'excitatrice et de l'alternateur, on amène la tension de l'excitatrice à être égale à la tension des barres omnibus; on couple en parallèle par l'interrupteur A. En agissant convenablement sur le rhéostat d'excitation de l'excitatrice correspondante, on annule le débit de cette excitatrice, on ouvre alors l'interrupteur B.

Remarquons que, dans ce cas encore, la résistance de décharge n'a pas à intervenir. Il n'y a pas d'inconvénient à laisser le régulateur fonctionner sur les barres omnibus pendant cette manœuvre.

Il faut avoir soin d'ajouter, sur chaque circuit d'excitation d'excitatrices, un petit rhéostat additionnel réglable à la main, en plus du rhéostat d'excitation sur lequel agit le régulateur instantané. Ce rhéostat réglable, dit rhéostat d'égalisation, permet de régler les débits des excitatrices en parallèle indépendamment du régulateur.

Ce rhéostat d'égalisation améliore considérablement la manœuvre de mise en parallèle et d'arrêt des groupes en donnant la facilité de faire varier le débit des excitatrices sans toucher aux rhéostats d'excitation de ces dernières, ce qui permet de laisser le régulateur instantané fonctionner sur l'ensemble, même pendant la manœuvre d'un groupe. Il faut se souvenir en effet que chaque rhéostat d'excitation doit être amené à une valeur fixe déterminée à l'avance au moment où on met le régulateur en fonctionnement sur lui. Il ne faut donc pas toucher à ce rhéostat pendant la marche du régulateur, c'est par la résistance d'égalisation seule qu'on peut agir; il faut donc donner à cette résistance une valeur et un nombre de plots suffisants pour permettre un réglage efficace des débits des excitatrices et ne pas se contenter, comme on le fait souvent, de placer à l'arrière du tableau une petite résistance à curseur non réglable à la main.

Prenons, comme exemple de l'influence de la résistance d'égalisation, la manœuvre à exécuter pour arrêter un groupe turbo-alternateur, l'excitatrice en bout d'arbre fonctionnant en parallèle sur les barres omnibus avec celles des autres alternateurs couplés avec lui sur le réseau, le régulateur réglant sur l'ensemble de ces excitatrices.

Il faut d'abord agir sur les régulateurs des turbines, de manière à amener à zéro la charge de cet alternateur, en manœuvrant s'il le faut le rhéostat d'excitation de l'alternateur de manière à limiter le courant déwatté; puis ouvrir l'interrupteur correspondant à cet alternateur; agir sur les rhéostats d'égalisation des excitatrices de manière à amener le débit de l'excitatrice correspondante à zéro; couper l'excitatrice, arrêter le fonctionnement du régulateur sur le rhéostat correspondant.

On doit donc envisager le fonctionnement des rhéostats d'égalisation de la façon suivante : ils doivent être capables, le régulateur fonctionnant sur le rhéostat d'excitation de l'excitatrice, d'amener le débit de cette excitatrice au maximum ou de le réduire à zéro.

Pour cela, il faut que ces rhéostats soient divisés en deux parties égales avec possibilité de déplacer la manette vers la droite ou vers la gauche; au moment du réglage initial du rhéostat de champ pour permettre le fonctionnement avec le régulateur, le rhéostat d'égalisation sera placé sur son point milieu; pour augmenter le débit de l'excitatrice, le régulateur fonctionnant, il suffira de diminuer la résistance du rhéostat d'égalisation; pour diminuer son débit, il suffira d'augmenter cette résistance.

Remarquons que la résistance totale du rhéostat d'égalisation sera toujours assez petite, puisque, au fond, elle correspond au double de la résistance insérée entre les trois ou quatre derniers plots du rhéostat d'excitation.

Deuxième cas. — Les alternateurs ne sont pas identiques; ils sont de puissances différentes; les excitatrices sont également différentes, mais on a observé les règles de construction données ci-dessus pour régulateurs instantanés, c'est-à-dire que chacune d'elles séparément permet le fonctionnement avec un régulateur instantané.

En appliquant la même disposition que pour le premier cas, c'est-à-dire en faisant fonctionner toutes les excitatrices en parallèle sur des barres omnibus d'excitation, il n'est généralement pas possible d'obtenir avec le régulateur une marche en parallèle satisfaisante à toutes les charges des différents alternateurs envisagés. On pourra toutefois régler l'ensemble de manière que, pour une charge déterminée de chaque alternateur, les courants d'échange se répartissent convenablement entre les différentes machines; pour les autres charges, la répartition des courants d'échange sera quelconque.

La première précaution à prendre consiste à régler la résistance du circuit d'excitation de chaque alternateur, de manière qu'à vide il faille la même tension aux bornes de toutes les excitatrices pour obtenir sur les alternateurs la tension normale de fonctionnement. Pour obtenir cette condition, il faut, en général, intercaler dans le circuit d'excitation des alternateurs une résistance fixe capable d'absorber, sous le courant à vide, la différence entre le voltage d'excitation à vide le plus élevé et le voltage qu'il est nécessaire d'obtenir aux bornes de chaque excitatrice pour avoir la tension normale à vide sur l'alternateur correspondant, si celui-ci fonctionnait seul.

Prenons un exemple pour fixer les idées. — Supposons que nous voulions opérer sur deux alternateurs dont l'un demande aux bornes de son circuit d'excitation 60 v à vide, tandis que l'autre n'en exige que 45. — Pour obtenir une marche possible avec un régulateur instan-

Digitized by Google

tané, il faudra tout d'abord s'arranger de manière que, pour avoir la tension normale aux bornes du deuxième alternateur à vide, l'excitatrice fonctionne sous 60 v.

Il faudra donc absorber dans la résistance dont nous parlions plus haut 60 — 45 = 15 v sous le courant à vide ; si ce courant est de 90 A par exemple, il faudra que la résistance fixe ait une valeur de $\frac{15}{90}$ ohm, soit 0,16 à 0,17 ohm.

Si nous admettons que l'alternateur correspondant a été construit en tenant compte de la condition que le courant d'excitation entre la marche à vide et la marche à pleine charge n'augmente pas dans un rapport supérieur à celui de 1 à 2, nous voyons que le courant de pleine charge sera environ de 180 A ; à ce moment, la chute de tension produite par la résistance fixe sera de $0,17 \times 180 = 30,60$ v.

Si donc la tension normale d'excitation à pleine charge de l'alternateur sans régulateur est de 110 v, pour obtenir cette pleine charge avec régulateur, il faudra faire fonctionner l'excitatrice à 140-141 v. A ce moment, l'autre alternateur en parallèle dont la tension d'excitation à vide est de 60 v et qui n'a pas besoin de résistance fixe dans son circuit d'excitation, sera surexcité et par conséquent tendra à produire du courant déwatté au profit de l'autre ; cet échange de courant déwatté n'a pas de grand inconvénient, s'il ne dépasse pas les limites permises par l'échauffement de l'alternateur correspondant et même il aura une tendance à améliorer la situation ci-dessus, puisqu'au fond tout se passe comme si l'alternateur 1 envoyait du courant magnétisant à l'alternateur 2, ce qui vient en aide à l'excitatrice et tend précisément à diminuer le survoltage de cette dernière.

Le phénomène s'aggrave toutefois considérablement si le rapport entre le courant d'excitation à vide et le courant d'excitation en charge augmente, car le survoltage de l'excitatrice du second alternateur augmente dans la même proportion. Si ce rapport est, pour l'exemple précédent, le même, que celui de 1 à 3, le courant d'excitation en charge devient égal à 270 A et la chute de tension produite par la résistance de 0,17 ohm est de $0,17 \times 270 = 46$ v environ ; l'excitatrice devrait dès lors fonctionner à 46 v-156 v.

On voit, par ce qui précède, qu'une des conditions essentielles pour la marche en parallèle d'alternateurs différents avec réglage de la tension par un régulateur instantané en admettant la marche en parallèle des excitatrices, est que les tensions d'excitation nécessaires pour obtenir à vide la tension normale sur chaque alternateur soient aussi voisines que possible. De cette façon les résistances fixes à insérer dans les circuits d'excitation de chaque alternateur seront très petites, les inconvénients signalés plus haut seront considérablement atténués et les courants d'échange entre les alternateurs pourront rester dans les limites admissibles.

Si, dans une centrale existante, ces conditions ne peuvent être remplies, on peut essayer du procédé suivant pour réaliser le réglage automatique de la tension par régulateur instantané (fig. 2.) :

On renonce à faire fonctionner les excitatrices en parallèle ;

On fait commander la bobine d'asservissement à courant continu par une des excitatrices, les rhéostats des autres excitatrices étant soumis à l'action des relais du régulateur. On a intérêt à alimenter la bobine d'asservissement par l'excitatrice, dont la tension pour la marche à vide est la plus faible.

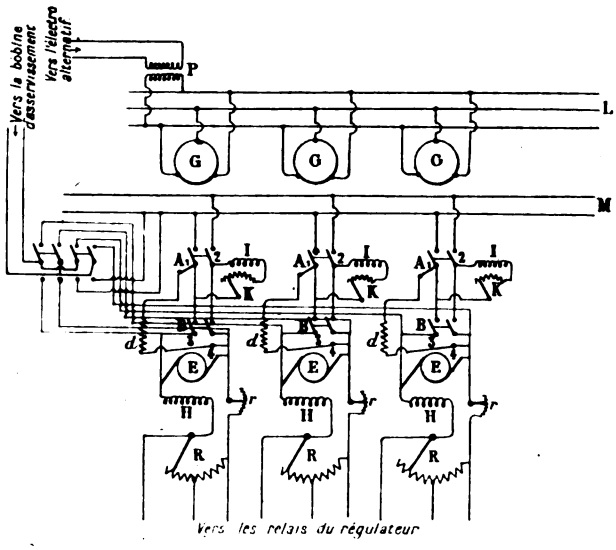


Fig. 2.

On fait ainsi disparaître l'inconvénient de mettre des résistances dans les circuits d'excitation des alternateurs, ce qui supprime le survoltage des excitatrices et la surexcitation de certains des alternateurs.

Il faut également, avec ce montage, utiliser des rhéostats d'égalisation et s'efforcer de régler, autant que possible, les courants d'échange entre les alternateurs en se servant de ces rhéostats d'égalisation, plutôt que des rhéostats d'excitation des alternateurs qu'il est préférable de laisser à une position fixe pendant le fonctionnement du régulateur.

Troisième cas. — Dans les très grandes installations où on utilise des unités très importantes ou dans le cas où l'on se trouve en présence soit de machines semblables, soit de machines différentes, dans lesquelles on n'a pas tenu compte des conditions précédemment énoncées, bien qu'on ait toutefois respecté la condition de stabilité, absolument essentielle, on peut utiliser le procédé suivant pour obtenir le réglage de la tension automatiquement par régulateur instantané.

On renonce ici encore à faire fonctionner les excitatrices en parallèle et on fait agir un régulateur indépendant sur chaque groupe.

Le régulateur, l'excitatrice et l'alternateur forment alors un tout sur lequel on peut agir séparément (fig. 3).

L'électro principal alternatif du régulateur est, dans ce cas, muni de deux enroulements, l'un de ces enroule-

Digitized by Google

ments est réuni au secondaire d'un transformateur de potentiel branché aux bornes d'une phase, l'autre est connecté au secondaire d'un transformateur d'intensité

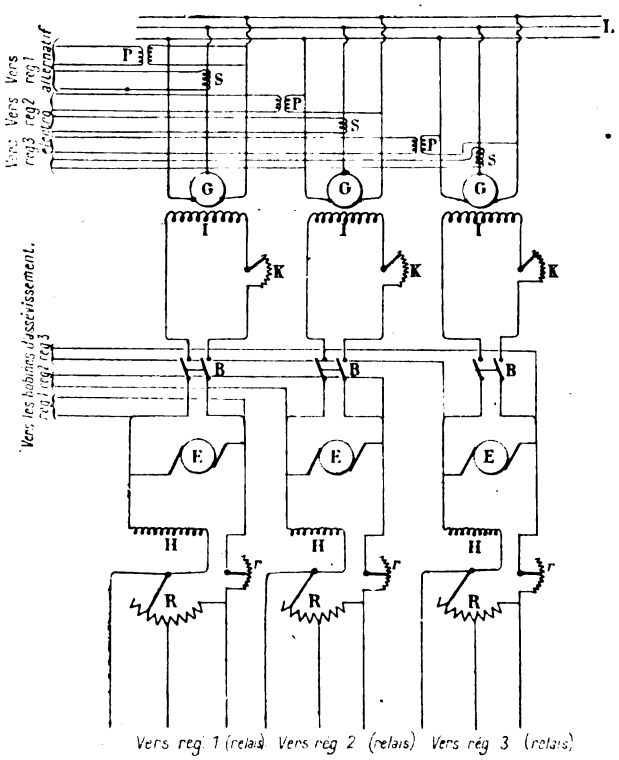


Fig. 3. — Schéma de la disposition de 3 alternateurs en parallèle avec 3 régulateurs indépendants.

branché sur la phase opposée à celle du transformateur de potentiel (fig. 4).

Le fonctionnement est alors le suivant :

Tant que l'alternateur marche avec un facteur de puissance égal à l'unité, le courant est en phase avec la tension.

Le vecteur (fig. 4) représentant le courant dans la phase 1 a la même direction que celui représentant la

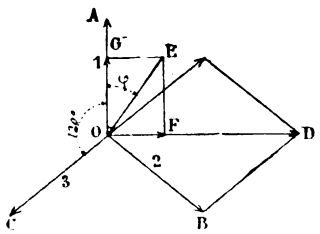


Fig. 4. — Diagramme représentant l'action des bobinages du transformateur de potentiel et du transformateur d'intensité dans le cas du montage de la figure 3.

tension étoilée; la tension agissant sur le bobinage relié au transformateur de potentiel est la tension composée, c'est-à-dire la résultante de la tension 2 et de la tension — 3; le vecteur résultant OD est perpendiculaire au vecteur OA (tension 1). La composante OA n'a pas d'action sur le noyau de l'électro du régulateur; la composante OD agit seule.

Si un déphasage φ se produit entre la tension et le courant, le vecteur représentant la tension dans la phase 1 restant OA, le vecteur représentant le courant dans la phase 1 devient OE en retard de l'angle φ sur OA. Nous pouvons décomposer le vecteur OE en deux composantes rectangulaires suivant OA et OD.

Soient OG et OF ces deux composantes; OG n'a pas d'action sur l'électro du régulateur, mais OF ajoute son action à celle de OD et le régulateur agit.

Le régulateur tend à ramener le facteur de puissance vers l'unité et à répartir également sur l'ensemble des alternateurs en parallèle le courant magnétisant du système. Pour les mêmes raisons que ci-dessus, il est bon d'employer avec ce montage des rhéostats d'égalisation sur les circuits d'excitation des excitatrices.

Si, en utilisant l'un ou l'autre de ces trois montages, on n'arrive pas malgré tout à une marche en parallèle satisfaisante des alternateurs dont on dispose en faisant agir le ou les régulateurs sur l'ensemble, il faut renoncer à un réglage absolument automatique de la tension.

On mettra le régulateur sur un alternateur seulement et on effectuera à la main le réglage des autres. Il va sans dire toutefois que si, parmi les alternateurs dont on dispose, un certain nombre peuvent fonctionner dans de bonnes conditions en parallèle lorsque le régulateur agit sur eux, on les utilisera dans ces conditions en se contentant de régler les autres à la main.

Le ou les alternateurs en fonctionnement avec le régulateur subiront tous les à-coups de courant déwatté, mais on pourra ensuite répartir ce courant sur les autres en agissant sur les rhéostats d'excitation correspondants.

Remarquons que cette façon d'opérer qui, à première vue, paraît assez peu pratique, n'est pas aussi désavantageuse qu'on pourrait le croire au premier abord.

La répartition du courant apparent sur plusieurs alternateurs fonctionnant en parallèle se divise, en effet, en deux opérations distinctes :

1° La répartition de la puissance, qui ne peut se faire qu'en agissant sur la vitesse des turbines et partant sur les régulateurs correspondants;

2° La répartition du courant déwatté, qui ne peut se faire qu'en agissant convenablement sur l'excitation des alternateurs. Le régulateur instantané ne peut agir que sur la répartition du courant déwatté.

Pour répartir la puissance, il faut donc surveiller la marche des turbines et agir sur leurs régulateurs mécaniques, qu'on commande généralement à distance du pupitre de manœuvre de chaque alternateur.

En même temps qu'on exécutera cette opération, il sera facile de régler le courant déwatté en agissant sur les rhéostats d'excitation des alternateurs.

Pour permettre une grande facilité de manœuvre, il faut concevoir un pupitre de commande pour chaque alternateur.

Digitized by Google

Ce pupitre doit comprendre les appareils suivants :

Pour l'alternateur lui-même:

1 wattmètre, qui donnera la puissance fournie par l'alternateur;

1 phasemètre, qui indiquera le facteur de puissance;

1 ou 2 ampèremètres, qui indiqueront le courant apparent débité;

1 fréquencemètre (facultatif).

Pour l'excitatrice :

1 voltmètre et 1 ampèremètre.

1 synchronoscope, doublé, en général, par une lampe de phase;

1 voltmètre général et les plots de synchronisation et de voltmètre, avec les fiches correspondantes.

Cette disposition permettra des manœuvres faciles et un contrôle rigoureux et commode de la marche en parallèle des alternateurs.

En résumé, on voit qu'il est toujours possible de résoudre avantageusement le problème du réglage automatique de la tension dans les stations centrales par les régulateurs instantanés.

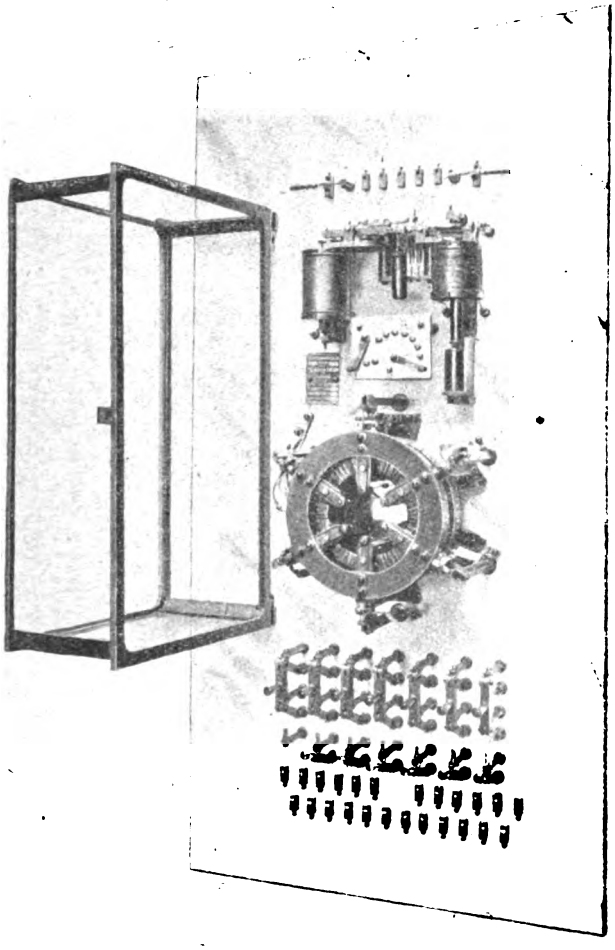


Fig. 5. — Régulateur Tirrill à 6 contacts, type TA.

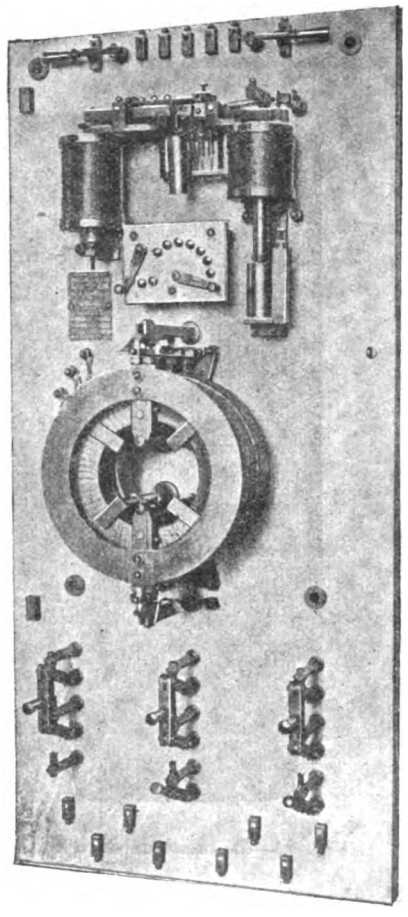


Fig. 6. — Régulateur Tirrill à 2 relais contacts, type TA.

Le pupitre portera en outre :

La commande électrique à distance du régulateur mécanique de chaque alternateur;

La commande électrique à distance des disjoncteurs de couplage des alternateurs;

La commande électrique à distance du ou des interrupteurs d'excitation;

La commande électrique à distance ou la commande à main du rhéostat d'excitation de l'excitatrice et du rhéostat d'excitation de l'alternateur.

Il faut naturellement disposer également sur ces pupitres les appareils pour la mise en parallèle des alternateurs :

Ces régulateurs sont certainement les plus efficaces et les plus commodes.

Leurs avantages sont :

1° La rapidité du fonctionnement;

2° L'encombrement très réduit;

3° Consommation d'énergie très faible;

4° Un fonctionnement rigoureux qui demande peu de surveillance, étant donné que les organes mécaniques sont réduits au minimum.

Mais malgré tout, il ne faut pas leur demander plus qu'ils ne peuvent faire.

Digitized by Google

Il importe donc que, chaque fois qu'un exploitant veut résoudre le problème de la régulation automatique de la tension d'une station centrale; il étudie très exactement les conditions de fonctionnement des alternateurs dont il dispose.

Pour permettre, dans les meilleures conditions, le réglage par régulateurs instantanés, il faut respecter les quatre conditions suivantes :

1° Excitatrices peu saturées et stables;

2° Constantes magnétiques des alternateurs telles que le rapport du courant d'excitation entre la marche à vide et la marche en surcharge ne soit pas supérieur au rapport de 1 à 3;

3° Les tensions données par les excitatrices, pour obtenir à vide la tension normale sur les alternateurs, doivent être sensiblement les mêmes pour les différents groupes;

4° La construction des rhéostats d'excitation des excitatrices doit être telle que la self-induction de ces rhéostats soit très faible.

Si ces conditions sont remplies, on pourra toujours obtenir une bonne régulation automatique de la tension.

Pour fixer les idées, nous donnons ci-dessous le résumé d'un questionnaire établi par la Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston, qu'il faut remplir lorsqu'il s'agit d'étudier la question du réglage automatique de la tension d'une station centrale par les régulateurs Tirrill, construits

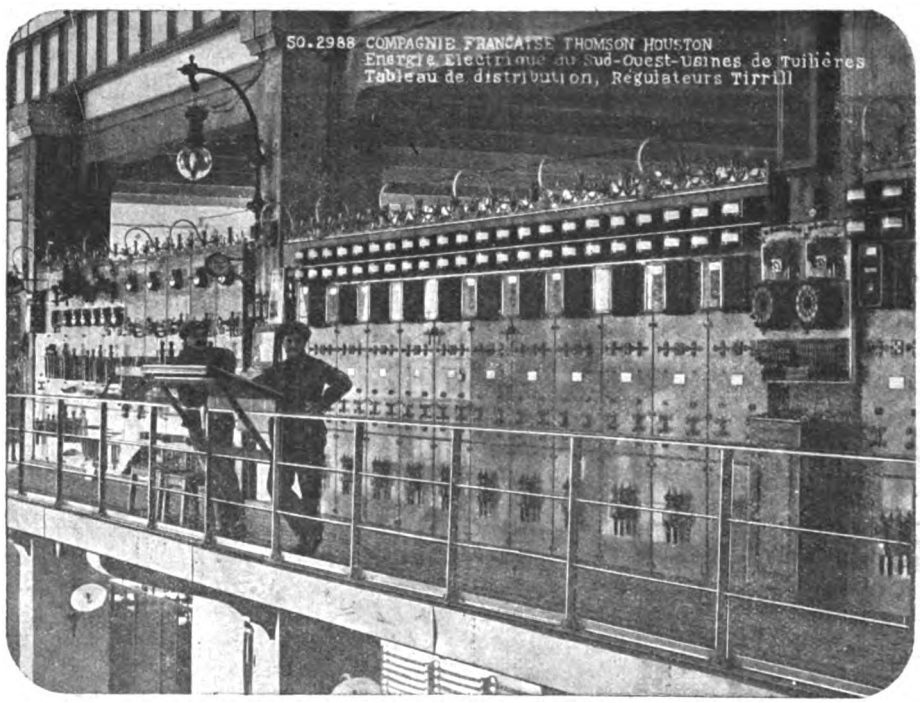


Fig. 7. — Tableau de distribution pour alternateurs avec deux régulateurs Tirrill à 12 relais contacts chacun.

par cette Compagnie; ce questionnaire donne une idée exacte des conditions de fonctionnement, dont il faut tenir compte pour déterminer la possibilité d'un tel réglage.

Questionnaire pour l'établissement des régulateurs TA.

I. — Usine centrale et réseau

1° Puissance actuelle de l'usine.
2° Puissance prévue.
3° Tension, fréquence, monophasé, diphasé ou triphasé.
4° Nombre d'alternateurs fonctionnant en parallèle et puissance de chacun d'eux (remplir en outre pour chaque alternateur la 2e partie du questionnaire).
5° Nombre d'excitatrices fonctionnant en parallèle et puissance de chacune d'elles (remplir en outre pour chaque excitatrice la 3e partie du questionnaire).
6° Chute de tension approximative entre la tension centrale et le centre de distribution.
7° Intensité dans le feeder où sera intercalé le transformateur d'intensité pour la compensation de la perte en ligne.
8° Si les alternateurs doivent alimenter une ligne à haute tension, indiquer si les alternateurs sont couplés en parallèle sur le côté haute ou basse tension des transformateurs élévateurs de tension.

II. — Alternateurs :

1° Puissance normale.
2° Surcharge prévue.
3° Résistance des inducteurs :
   a) à froid.
   b) à chaud.
4° Tension d'excitation aux bornes des inducteurs à chaud, pour la tension normale alternative :
   a) l'alternateur à vide.
   b) l'alternateur à sa puissance normale.
   c) l'alternateur à sa surcharge prévue.
5° Genre de force motrice.
6° Comment est réglée la vitesse.
7° Chute de vitesse à la surcharge prévue.

Digitized by Google

III. — Excitatrice :

1° Puissance normale.
2° Tension que peut donner l'excitatrice avec le rhéostat de champ en court-circuit.
3° Nombre de pôles (pleins ou feuilletés).
4° Résistance des inducteurs shunt à chaud.
5° Vitesse et genre d'entraînement.
6° Nombre de spires shunt par pôle.
7° Flux total par pôle à la tension maximum des barres d'excitation et à pleine charge.
8° Courant d'excitation de l'excitatrice pour produire le flux ci-dessus.
9° Résistance du rhéostat d'excitation (déterminée d'après l'indication ci-dessus).

Enfin, pour terminer, nous donnons trois photographies de régulateurs Tirrill, construits par la Compagnie Thomson-Houston.

La première, (fig. 5), représente un régulateur Tirrill à 6 contacts, type TA, forme 6 ; la deuxième (fig. 6), un régulateur Tirrill TA, forme 2, à 2 relais contacts et la troisième (fig. 7), l'ensemble d'un tableau de distribution pour alternateurs comportant deux régulateurs Tirrill à 12 relais contacts chacun.

Ces quelques photographies mettent en évidence le faible encombrement de ces appareils et la facilité avec laquelle ils peuvent être placés sur les tableaux de distribution.

A. Pierret,
Ingénieur.

La résistance mécanique des poteaux en bois

M. A. Delamarre développe une méthode rapide pour le calcul de la résistance des poteaux électriques, en se limitant toutefois aux poteaux en bois qui sont les plus employés. Dans cette première partie, il étudie les poteaux simples assimilés à un corps solide tronconique encastré à une de ses extrémités et montre comment on peut établir des formules assez approchées pour évaluer les dimensions d'un appui devant résister : aux efforts horizontaux, dus à la tension des conducteurs et au vent, et aux efforts verticaux résultant du poids des conducteurs, du givre et de la partie du support hors du sol, efforts qui travaillent à la compression. Des applications numériques illustrent la théorie.

Il peut paraître superflu de traiter ici semblable question, qui, à première vue, semble ressortir du pur domaine de la résistance des matériaux et ne présenter rien de bien particulier. Il n'en est cependant pas tout à fait ainsi, et nous avons maintes fois constaté, par exemple, l'hésitation de jeunes ingénieurs devant les résultats en apparence déconcertants que donne le calcul classique d'un poteau contreficheé ; d'autre part, on a la mauvaise habitude, lorsqu'on passe à la pratique, c'est-à-dire quand on construit, d'oublier ce qu'ont indiqué les calculs et on néglige alors des données qui devraient au contraire être constamment présentes à l'esprit. Cela tient surtout à ce que l'on a coutume de considérer que le calcul des supports n'a d'autre intérêt que de satisfaire aux désirs du contrôle, alors qu'en réalité, en se souvenant des conclusions du calcul qui a déterminé pour le type de support courant que l'on emploie des caractéristiques critiques, on éviterait de fâcheuses erreurs.

En outre, on néglige presque toujours la résistance du sol et l'on constate alors que nombre de poteaux, en courbe, se sont inclinés sans avoir subi la moindre flexion ; cela prouve surabondamment que, si, lors du piquetage, on a su choisir un support d'échantillon suffisant, on ne s'est pas rendu compte qu'il aurait aussi fallu s'inquiéter de la pression qu'il exerçait sur le sol et prévoir une surface d'appui suffisante.

Envisager le calcul de tous les genres de support utilisés dans les canalisations aériennes nous conduirait trop loin ; aussi avons-nous simplement, dans les lignes sans prétention qui vont suivre, examiné exclusivement le cas le plus fréquent : celui des poteaux en bois.

I. Poteaux simples. — Ils ont à supporter : 1° des efforts horizontaux provoqués par la tension des conducteurs et le vent ; 2° des efforts verticaux provenant du poids des fils ou câbles, du givre, enfin du poids de la partie même de l'appui située hors du sol.

Les efforts verticaux donnent lieu à une composante qui fait travailler le poteau à la compression ; les efforts horizontaux donnent une résultante qui, ayant son point d'application au sommet de l'appui, le fait travailler à la flexion ; ce sont ces efforts qui déterminent seuls, en réalité, la section à donner au poteau, qui agissent sur le sol en l'écrasant et qui sont, en somme, les plus importants à considérer.

Si la ligne ne forme aucun angle, si les portées adjacentes sont égales et également tendues, les efforts horizontaux dus à la traction des câbles s'annulent ; il ne reste que l'effort du vent.

Si, au contraire, l'appui est au sommet d'un angle, les efforts de traction des conducteurs donnent lieu à une résultante à laquelle vient s'ajouter l'effort du vent.

Nous allons voir tout d'abord quelle est la résistance à la flexion d'un poteau et nous en examinerons ensuite l'application dans la pratique.

Un poteau travaille à la flexion comme une pièce libre à l'une de ses extrémités et encastré à l'autre ; il affecte la forme tronconique et se rapproche ainsi du solide idéal d'égale résistance dans lequel, quelle que soit la section transversale considérée, la charge maximum par unité de surface reste la même. Or, on sait que, si un solide encastré a une section circulaire de diamètre d à l'encastrement et une longueur libre h, le profil du solide d'égale résistance est déterminé par la condition que le

Digitized by Google

diamètre y d'une section quelconque située à une distance x de l'extrémité libre (fig. 1) ait pour valeur :

$$(1) \qquad y = d\sqrt[3]{\frac{x}{h}} = d\left(\frac{x}{h}\right)^{\frac{1}{3}}.$$

Considérons maintenant, au lieu de ce poteau idéal, le poteau véritable dont la section longitudinale est un trapèze (fig. 2), et dans ce poteau une section quelconque

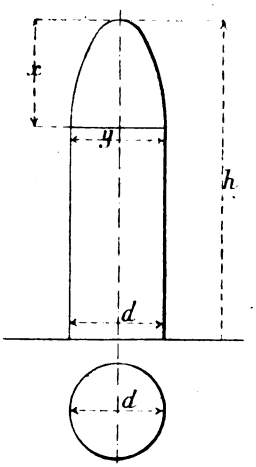


Fig. 1.

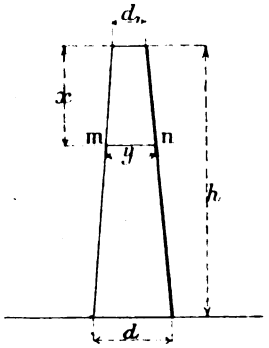


Fig. 2.

mn, que nous désignerons par y, située à une distance x du sommet. On a :

$$(2) \qquad y = d_1 + x\frac{d - d_1}{h},$$

d et d_1 étant les diamètres respectifs du poteau à l'encastrement et au sommet.

Quelle sera la valeur de x pour laquelle le poteau tronconique aura la même résistance que le poteau idéal? Cette valeur sera déterminée par le fait que, dans la section considérée, les profils des deux poteaux seront tangents; il suffit donc d'écrire qu'en ce point les tangentes coïncident. Or, la valeur de ces tangentes s'obtient immédiatement en différentiant (1) et (2) par rapport à x ce qui donne :

$$(3) \qquad \frac{\partial y}{\partial x} = \frac{1}{3} d\left(\frac{x}{h}\right)^{-\frac{2}{3}},$$

$$(4) \qquad \frac{\partial y}{\partial x} = \frac{d - d_1}{h}.$$

Égalons d'une part (1) et (2), d'autre part (3) et (4) :

$$d\left(\frac{x}{h}\right)^{\frac{1}{3}} = d_1 + x\frac{d - d_1}{h},$$

$$\frac{1}{3} d\left(\frac{x}{h}\right)^{-\frac{2}{3}} = \frac{d - d_1}{h},$$

et divisons ces deux équations nouvelles l'une par l'autre, nous trouverons :

$$x = \frac{1}{2}\frac{d_1}{d - d_1} h.$$

Si on fait $x = h$ on trouve :

$$\frac{1}{2}\frac{d_1}{d - d_1} = 1.$$

D'où :

$$d = \frac{3}{2} d_1.$$

ce qui montre que : *la section de rupture est celle dont le diamètre est les 3/2 du diamètre de la section où la force est appliquée.*

Il y a toujours avantage, au point de vue de l'économie, à ce que la section de rupture se trouve au niveau du sol. Un tel poteau constitue un poteau-type; il permet, pour un même volume de bois, d'appliquer, à une hauteur déterminée au-dessus du sol, la plus grande force horizontale. Si la section de rupture est au-dessus du sol, le poteau, au seul point de vue de la résistance, est inutilement trop long; si elle est en dessous, dans l'encastrement, comme la rupture ne peut se produire dans l'encastrement même, la section de rupture se trouve reportée au niveau du sol et le poteau est trop faible pour résister à l'effort maximum. On devra donc veiller à ce que *le diamètre à l'encastrement soit aussi voisin que possible des 3/2 du diamètre en tête*, autant bien entendu que le permettent les types que l'on trouve couramment sur le marché.

Soit maintenant AB un poteau (fig. 3), A le point d'application de l'effort résultant horizontal F, h la hauteur du point A au-dessus du sol, d le diamètre du poteau à l'encastrement, c'est-à-dire au ras du sol, enfin I le moment d'inertie de la section à l'encastrement, n la distance de la fibre la plus tendue sous l'effort de flexion à la fibre neutre (axe de l'appui) et R la charge pratique (ou de sécurité) qu'il ne faut pas dépasser.

Le plus grand moment fléchissant en B est Fh; d'autre part, le moment fléchissant maximum admissible a pour valeur $R\frac{I}{n}$. On peut donc écrire :

$$(5) \qquad Fh = R\frac{I}{n}.$$

Mais la section étant circulaire et de diamètre d :

$$\begin{cases} I = \dfrac{\pi d^4}{64} \\ n = \dfrac{d}{2}. \end{cases}$$

En remplaçant dans (5) I et n par les valeurs ci-dessus, on obtient :

$$Fh = R\frac{\pi d^3}{32}.$$

D'où :

$$R = \frac{32\,Fh}{\pi d^3}.$$

Si on admet que $\frac{32}{\pi}$ est sensiblement égal à 10, ce qui

Digitized by Google

suffit comme approximation pratique, on arrive à la formule classique simplifiée :

$$(6) \qquad R = \frac{10\,Fh}{d^3}.$$

Or comme, en pratique, R ne doit pas dépasser au maximum 0,6 kg:mm² (coefficient de sécurité 10), on peut en déduire que l'on doit toujours avoir :

$$(7) \qquad F \leq 0{,}06\,\frac{d^3}{h}$$

qui donne l'effort maximum en tête d'un poteau de diamètre d (à l'encastrement) et de hauteur h (la hauteur étant comprise du sol au point d'application de la résultante des efforts horizontaux).

Il est facile de simplifier encore cette formule en remarquant que le diamètre, dans les poteaux normaux de 9 à 12 m, est fonction de leur longueur ; en effet, si l'on se reporte au tableau suivant donnant les caractéristiques commerciales des modèles courants :

Longueur totale.....	8 m	9 m	10 m	11 m	12 m
Diamètre au sommet.	0,13 m	0,14 m	0,15 m	0,16 m	0,17 m
Diamètre à la base..	0,17 m	0,19 m	0,21 m	0,23 m	0,25 m

on constate que le diamètre en tête est généralement égal à 1,5 pour 100 de la hauteur, et le diamètre à la base à 2,1 pour 100, ce qui donne un poteau moins fort que le « poteau-type » ; la section de rupture de tels poteaux se trouve donc toujours reportée à l'encastrement. D'autre part, la longueur de l'appui enfoncée dans le sol varie de 15 à 16 pour 100 de la hauteur.

Or l'examen de la figure 4 montre que d étant toujours le diamètre à l'encastrement, d_1 le diamètre en tête, d_2 le diamètre à la base :

$$(8) \qquad d = d_1 + \frac{h\,(d_2 - d_1)}{L}.$$

Or :

$$h = L - 0{,}15\,L.$$

D'où :

$$L = \frac{0{,}85}{h}.$$

Et :

$$d_1 = 0{,}015\,L = \frac{0{,}015\,h}{0{,}85} = 0{,}0176\,h$$

$$d_2 = 0{,}021\,L = \frac{0{,}021\,h}{0{,}85} = 0{,}024_7\,h.$$

En remplaçant L, d_1 et d_2 par ces valeurs dans (8) on trouve :

$$d = 0{,}0236\,h.$$

Portons maintenant dans (7) cette valeur pratique de d et nous trouverons :

$$F \leq 0{,}000\,000\,79\,h^2.$$

soit sensiblement :

$$F \leq 0{,}000\,000\,8\,h^2.$$

Cette formule, un peu empirique, mais extrêmement simple montre que : *l'effort maximum horizontal admissible, en valeur absolue, en tête d'un poteau en bois de proportions normales, croit comme le carré de la hauteur hors sol de ce poteau*, et qu'il est inexact de dire, comme on le fait souvent, que les poteaux courts sont plus résistants que les longs.

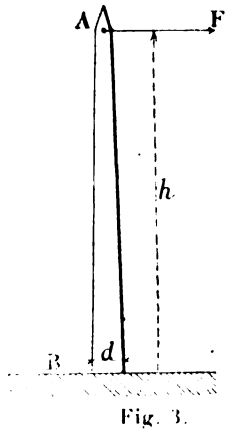


Fig. 3.

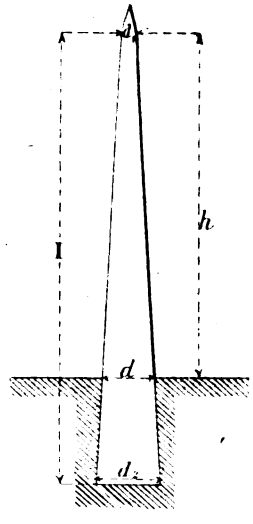


Fig. 4.

Le tableau ci-dessous résume d'autre part les valeurs des efforts maxima F pour des poteaux commerciaux courants ayant de 7,50 m à 13 m de hauteur hors sol (soit 9 à 15 m de longueur totale) avec un coefficient de sécurité égal à 10 :

Valeurs de h (hauteur hors sol).	7,50 m	8 m	8,50 m	9 m	9,50 m	10 m	10,50 m	11 m	11,50 m	12 m	12,50 m	13 m
Valeurs de F (en kilogrammes).	45	51	58	65	72	80	88	97	105	115	125	135

Digitized by Google

Voyons, maintenant que nous connaissons la résistance mécanique des poteaux, quels efforts produisent sur eux, en pratique, les câbles qu'ils ont à supporter et le vent. Nous envisagerons pour cela les deux cas principaux : poteaux en alignement droit et poteaux en courbe.

Dans l'alignement droit, si les portées contiguës sont égales, comme c'est le cas ordinaire, et également tendues, les efforts horizontaux dus à la tension s'annulent et il ne subsiste que l'effort dû au vent qui est maximum pour une direction perpendiculaire à la ligne (1). Un exemple va nous permettre de nous rendre compte de la valeur de cet effort dans l'hypothèse d'une ligne à 4 conducteurs de 38 mm² de section avec poteaux normaux de 12 m, enfoncés dans le sol de 1,80 m et espacés de 50 m.

Le vent le plus violent prévu par les règlements est celui de 72 kg c'est-à-dire un vent produisant une pression de 72 kg:m² sur une surface plane normale à sa direction. Or un câble de 38 mm² a sensiblement 7 mm de diamètre ; en admettant que la flèche augmente la longueur de 5 pour 100 et que les quatre câbles soient placés en carré de façon que le vent n'agisse, en réalité, que sur deux d'entre eux, l'effort horizontal sur chaque poteau résultant de l'action du vent sur les câbles aura pour valeur :

$$2 \times 50 \times 0{,}007 \times 72 \times 1{,}05 = 52{,}92 \text{ kg}.$$

D'autre part le vent agit sur le poteau lui-même ; un poteau normal de 12 m ayant 10,20 m hors sol, 0,18 m de diamètre en tête, 0,25 m au ras du sol, supporte une pression égale à :

$$\frac{0{,}18 + 0{,}25}{2} \times 10{,}80 \times 72 = 167{,}18 \text{ kg}.$$

Cette force est appliquée au milieu de la hauteur et, au point de vue du calcul des moments fléchissants, on peut l'évaluer avec une approximation suffisante à moitié de cette valeur soit 83,6 kg appliqués au sommet.

L'effort total au sommet que le poteau aura à supporter du fait du vent est donc au maximum de : 52,92 kg + 83,6 kg = 136 kg en chiffres ronds. On conclut de là que le poteau normal de 12 m, qui n'est capable de supporter avec le coefficient de sécurité 10 que 85 à 90 kg, est trop juste pour une ligne diphasée en 38 mm² et cela d'autant plus que nous avons admis que l'action du vent s'exerçait sur deux câbles seulement, ce qui exige que les câbles posés au même niveau aient même flèche. Toutefois, on admet généralement qu'en alignement droit un coefficient de sécurité de 5 est suffisant, ce qui double les efforts inscrits au tableau précédent ; si alors on suppose que les flèches des câbles ne sont pas identiques, ce qui donne un supplément d'effort dû au vent de 53 kg, d'où un effort total de 189 kg (au lieu de 136), on voit qu'on reste dans les limites acceptables, mais on est juste ; ce dont beaucoup de constructeurs ne se seraient pas méfiés.

Examinons maintenant le cas d'une ligne en courbe A, B, C.... (fig. 6) ; un poteau tel que B aura à supporter,

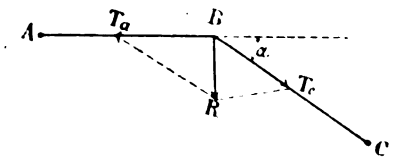


Fig. 6.

en dehors des efforts dus aux câbles, l'effort du vent qui sera maximum lorsque sa direction sera celle de la résultante R des efforts T_a et T_c dus à la tension des conducteurs des portées adjacentes.

Or la tension T est fonction de la portée l, de la flèche f et du poids p par mètre courant du conducteur ; elle est donnée par la formule classique :

$$T = \frac{l^2 p}{8f}$$

et l'on doit choisir l (la portée) et f (la flèche) pour que la sécurité soit assurée. Les abaques, aujourd'hui connues de tous, de M. Blondel permettent de déterminer l et f pour que la tension T ne dépasse pas la valeur qu'on s'est fixée d'avance et qui, ajoutée à l'effet du vent, ne doit pas dépasser la limite de charge que peut supporter le type de poteau dont on fait usage.

Le calcul ne présente aucune difficulté ; ajoutons simplement qu'il doit être fait pour la température la plus basse de la région ; on vérifie ensuite que la flèche prise par les conducteurs à la température maxima n'est pas prohibitive.

Examinons, maintenant les effets produits par les efforts verticaux ; on les considère souvent à tort comme étant toujours négligeables. En réalité, s'ils ne donnaient lieu qu'à des efforts de compression proprement dits, on pourrait agir ainsi, la résistance à l'écrasement du sapin étant de 0,6 kg : mm² (avec un coefficient de sécurité de 10) ce qui, avec un poteau normal de 12 m dont le diamètre au sommet serait de 0,17 m, donnerait :

$$\pi \times \overline{85}^2 \times 0{,}6 = 13\,610 \text{ kg}.$$

(1) Nous avons, bien entendu, envisagé l'hypothèse d'une ligne en terrain plat ; dans une ligne en pente, en effet, les poteaux sont inégalement tirés des deux côtés par suite de la différence des flèches qui ont pour valeur f, sur le poteau le plus bas S et $f + p$ sur le poteau le plus haut S' (fig. 5).

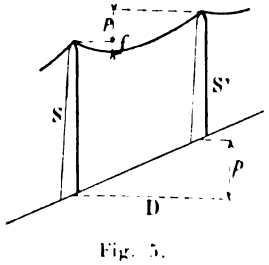


Fig. 5.

Toutefois la différence de traction est faible et on démontre qu'elle est voisine de $0{,}009\ p \times s$. s étant la section de la ligne en mm², p la différence de hauteur de deux supports consécutifs exprimée en mètres. On peut la négliger sauf des cas exceptionnels.

Digitized by Google

Mais un poteau en bois, qui est une pièce dont la longueur est très grande par rapport à sa section transversale, est soumis à une conséquence pratique bien connue de l'effort de compression qui est le *flambage*, véritable fléchissement du poteau entre sa tête où sont appliqués les efforts verticaux et son encastrement. On est donc amené à réduire sa charge de sécurité, d'après des formules empiriques assez variées sinon très concordantes, tirées de résultats d'expérience.

L'une des plus simples et qui donne des chiffres assez vrais dans le cas qui nous intéresse, ce qui est le principal, est celle d'Euler :

$$F \leq \frac{\pi^2 EI}{4l^2}$$

dans laquelle : E est le coefficient d'élasticité du bois dont la valeur peut être prise pour le sapin entre 900 et 1 000, I le moment d'inertie minimum de la section transversale, l la longueur du poteau (hors sol bien entendu).

En l'appliquant à un poteau normal de 12 m ayant 0,17 de diamètre en tête et 10, 20 m hors sol, on trouve :

$$F \leq 970 \text{ kg}.$$

C'est la charge verticale en tête qu'il ne faudra donc pas dépasser si, avec un tel poteau, on ne veut pas avoir à craindre de flambage.

(*A suivre.*)

A. Delamarre.

Les usines hydro-électriques de l'État suédois

I. — LE ROLE DE LA HOUILLE BLANCHE DANS LA VIE ÉCONOMIQUE DE LA SUÈDE

Dans l'analyse de la communication de M. Sven Zübeck, publiée dans un des numéros précédents, l'auteur parlait des ressources de la Suède en forces hydrauliques et du degré de leur utilisation à l'heure actuelle. L'article suivant montre l'activité de l'industrie suédoise qui, secondée par l'Etat et grâce à ses usines hydro-électriques, non seulement a réussi à atténuer la crise de combustible, mais continue même à poursuivre énergiquement son développement d'avant la guerre.

La situation économique de la Suède et la guerre. — Le développement économique de la Suède et le progrès de son industrie présentent un grand intérêt pour les industriels français qui songent au relèvement économique de leur propre pays. En effet, la Suède riche en énergie hydraulique et autres ressources naturelles, dont la principale est son minerai de fer, souffre cependant du manque de houille. Depuis longtemps déjà, les milieux techniques suédois s'efforcent d'utiliser les richesses naturelles de leur pays et de réduire autant que possible la consommation de la houille en la remplaçant par la tourbe et le lignite et en généralisant de plus en plus les diverses applications de l'électricité.

Ils y ont travaillé activement avant la guerre. Beaucoup de progrès ont déjà été atteints, maintes grandes usines hydro-électriques alimentant diverses industries ont été construites, d'autres étaient en voie d'exécution. Or, la plupart de ces usines ont été calculées de façon à se prêter à l'augmentation ultérieure de la puissance par la régularisation des cours d'eau et par l'adjonction de nouvelles unités dans le bâtiment des machines. En même temps, les usines métallurgiques électrochimiques et autres ont perfectionné leurs procédés, grâce à l'énergie électrique qu'elles obtenaient en quantité voulue et à bas prix, et beaucoup d'usines modernes ont été construites à proximité des centrales hydro-électriques sur les voies d'eau navigables.

La répercussion immédiate de la guerre sur l'industrie suédoise s'était traduite par la réduction de la quantité de combustibles importés. Or, la Suède, qui désirait de longue date être libérée de la dépendance étrangère dans ce domaine, a activé énergiquement les travaux commencés et a entrepris l'accroissement de la production de ses usines hydrauliques, en réalisant ainsi les projets élaborés précédemment. Les résultats de cette activité sont remarquables, et peuvent servir d'exemple d'une utilisation rationnelle des richesses naturelles.

Nous nous proposons, dans cette étude, de donner les descriptions de trois usines hydro-électriques modernes appartenant à l'État suédois dont l'importance pour le développement de l'industrie de la Suède, déjà grande à l'époque actuelle, semble destinée à s'accroître encore davantage dans l'avenir. Un rapide aperçu de la situation économique de ce pays aidera, croyons-nous, à bien saisir toute la portée de ces installations.

La Suède compte 6 millions d'habitants. Sa superficie qui atteint 448 000 km², n'est que peu inférieure à celle de la France qui s'élève à 536 000 km². La surface de ses terres cultivées est de 1 654 000 hectares. Le réseau suédois des voies ferrées représente une longueur de 14 000 km.

Depuis longtemps déjà la Suède mettait sur le marché mondial certains produits qui lui ont mérité une juste notoriété. Après avoir été jusqu'au milieu du siècle passé une grande productrice de céréales, elle exporte aujourd'hui le bois et des produits métallurgiques. Dès le XVI^e^ siècle, elle fournissait à l'Europe des bois de toutes espèces et spécialement ceux employés pour la construction des navires. Vers la même époque, on commençait à apprécier ses produits métallurgiques et principalement son fer.

Digitized by Google

La Suède ne produisant que des articles de qualité supérieure ne peut pas les utiliser entièrement. Elle complète sa consommation par des produits meilleur marché, importés de l'étranger. Bien qu'elle ait adopté un tarif de protection, ses droits d'entrée très modérés n'opposent en général qu'un faible obstacle à la concurrence étrangère, notamment en ce qui concerne les articles manufacturés, ces derniers étant importés en grandes quantités. Ils le sont d'autant plus facilement que les prix des articles de production suédoise sont en général, assez élevés.

Avant la guerre, la France occupait, dans le commerce extérieur suédois, une place plutôt effacée, comme le montre la publication récente de la Chambre de commerce suédoise en France [1] sur le commerce franco-suédois. Ainsi en 1913, la statistique officielle suédoise donne les chiffres suivants, concernant ses importations des divers pays, comparées à son importation totale.

Tableau I.

Importation en Suède en 1913.

PAYS DE PROVENANCE	VALEUR EN COURONNES SUÉDOISES [1]	POURCENTAGE PAR RAPPORT A L'IMPORTATION TOTALE
Allemagne	289 902 490	34 pour 100
Grande-Bretagne	206 801 112	25 »
États-Unis	76 583 150	9 »
Danemark	53 679 832	6 »
France	35 283 883	4 »
Autres pays	184 287 101	22 »
Importation totale	846 537 568 [2]	

[1] 1 couronne = 1,40 fr. — [2] (1 185 000 000 fr).

On voit que l'exportation de l'Allemagne pour la Suède était de huit fois et celle de Grande-Bretagne de six fois, environ, supérieure à celle de la France dans ce même pays ; la part de la France dans l'importation totale de la Suède ne dépassait pas 4 pour 100. D'après la statistique française, la Suède se place seulement au troisième rang des acheteurs. Pourtant, l'exportation française en Suède a fait quelques progrès pendant les dernières années. Tandis qu'en 1905 elle montait à peine à 15 881 000 couronnes (22 200 000 fr), elle atteignait en 1913 une valeur plus que double, soit 35 284 000 couronnes (49 500 000 fr).

En comparant la méthode d'exportation française à celle employée par l'Allemagne, la Chambre de commerce suédoise à Paris trouve :

« Qu'on s'est très peu soucié, en France, du commerce avec la Suède ; on s'est peu efforcé, en général, de le développer. Si les commerçants et les industriels français se désintéressent ainsi de la Suède, cette manière de faire contraste singulièrement avec l'activité que développent dans ce pays, depuis des dizaines d'années, d'autres nations. Les Allemands, en particulier, ont mis tout en œuvre pour conquérir une place prépondérante sur le marché suédois. En joignant aux efforts développés dans les différentes branches du commerce, de l'industrie et de la finance, une propagande habile et incessante, ils ont pour ainsi dire forcé le succès. C'est ainsi qu'ils ont pu exporter en Suède, non seulement leurs propres produits, mais aussi des marchandises provenant d'autres pays les plus divers et, en particulier, des marchandises françaises, qui ont été introduites en Suède en quantité considérable par leur intermédiaire, quelquefois sans indication exacte de l'origine. »

Ainsi la Suède qui est un acheteur important (son importation globale qui a presque doublé depuis 1900, montait en 1913 à 1 185 millions de francs) présente-t-elle pour l'industrie française un vaste champ d'activité.

D'autre part, en développant activement sa propre industrie, la Suède devint également un fournisseur important. Ainsi, tandis qu'en 1896 la valeur de sa production totale n'était que de 693 681 000 couronnes (970 000 000 fr), elle atteignait en 1913 le chiffre de 1 974 892 000 couronnes (2 770 000 000 fr). L'exportation totale suédoise en 1913, qui montait à 817 347 000 couronnes (1 150 000 000 fr), représente 42 pour 100 de la valeur de sa production à la même époque.

Tableau II.

Exportation de la Suède en 1913.

PAYS DE DESTINATION	VALEUR EN COURONNES SUÉDOISES [1]	POURCENTAGE PAR RAPPORT A L'EXPORTATION TOTALE
Grande-Bretagne	235 534 885	29 pour 100
Allemagne	179 077 758	22 »
Danemark	70 650 684	9 »
France	66 260 311	8 »
Autres pays	265 823 401	32 »
Exportation totale	817 347 039 [2]	

[1] 1 couronne = 1,40 fr. — [2] (1 150 000 000 fr).

On voit, d'après le tableau ci-dessus, que l'exportation de la Suède en Allemagne était près de trois fois et celle pour la Grande-Bretagne plus de trois fois et demi supérieure à son exportation en France qui ne formait que 8 pour 100 de l'exportation totale de la Suède. La statistique française ne place en effet la Suède qu'au vingtième rang des fournisseurs de la France.

Application de l'électricité dans l'industrie métallurgique de la Suède. — Le développement de l'industrie suédoise en général et de l'industrie métallur-

[1] La Chambre de commerce suédoise en France fut fondée le 14 juin 1915. (Siège social 17, rue de Surène, Paris VIII[e]). Son but principal est « de prêter son appui aux commerçants et industriels français, désireux de nouer des relations avec la Suède ou d'étendre des relations déjà existantes ».

Digitized by Google

gique en particulier est dû principalement à une large application de l'électricité rendue possible par des usines hydro-électriques. Il résulte en effet du rapport de M. Sven Lübeck présenté au Congrès international des ingénieurs à San Francisco (1), qu'en 1915 la puissance totale des turbines hydrauliques installées s'élevait à 900 000 ch (près de 15 pour 100 de la force hydraulique existant en Suède), tandis que celle des moteurs thermiques installées ne dépassait pas 400 000 ch (2). Les 60 pour 100 de l'énergie totale, produite par les usines hydrauliques et thermiques, est transformée en énergie électrique. En 1915 l'industrie du bois et de la pulpe a consommé 30 pour 100, l'industrie métallurgique 28 pour 100 et l'industrie électrochimique 11 pour 100 de toute la force hydraulique utilisée.

La production du minerai de fer en Suède atteignait, en 1913, 7 475 570 t. Ses gisements sont concentrés en deux vastes régions : en Laponie sont situés ceux de Kiruna et de Gellivare qui fournissent 65,7 pour 100 de la production et dans les Bergslagen, au nord des lacs Wäner, Wäter, Hjalmar et Mälar, où se trouvent les mines de Grangerberg, de Dannemara, de Norberf et de Prisberg. Les anciens gisements de fer, qui fournissaient autrefois en abondance un minerai exempt de phosphore, ont maintenant diminué leur rendement. Par contre, les nouvelles mines de Laponie produisent plus de 55 pour 100 de minerai contenant, avec 60 à 70 pour 100 de fer, une forte proportion de phosphore variant entre 1,1 et 2,6 pour 100. La mise en exploitation des nouveaux gisements a accru l'exportation des minerais suédois à tel point que le gouvernement a cru devoir la limiter par un contrat, passé en 1907, avec la Société chargée du contrôle des gisements. La Suède a exporté en 1913, par le port norvégien de Narvik, 3 183 966 t de minerai de fer provenant de Kiruna; par le port de Dulea, 1 383 683 t, des mines de Gellivare et par le port d'Oxelosung 617 846 t, des mines de Grängesterg. Une petite partie du minerai extrait de ces dernières a été traitée dans le pays même.

La production de la fonte augmentait de plus en plus tandis que le nombre de hauts fourneaux allait au contraire en décroissant. La production par jour et par fourneau, qui était en moyenne de 24 t en 1883, monta à 73 t en 1913; l'introduction des briquettes amena une économie de combustible atteignant 12,5 pour 100. La fabrication de la fonte au coke s'est fortement accrue au cours des dernières années. En 1913, elle s'élevait déjà à 101 000 t c'est-à dire au triple de celle de 1909. Les hauts fourneaux électriques ont produit, en 1913, 32 000 t de fonte contre 5 800 t en 1911. Ils ont permis de réduire la consommation du charbon de bois qui était tombée de 57 hectolitres par tonne de fonte à 25,2. La production totale de fonte à atteint, en 1913, 730 257 t, celle d'acier 590 887 t de lingots, se répartissant de la façon suivante :

Convertisseur	115 839 t
Martin	469 387
Acier au creuset	3 385
Acier électrique	2 276

Les hauts fourneaux électriques sont installés à Dannarfvet, à Hagfors et à Trollhätan; d'autres sont projetés.

La mise en valeur des forces hydrauliques par l'État suédois. — En jetant un coup d'œil sur la carte de la Suède (1) on voit que :

1° Les usines hydrauliques sont situées à proximité des centres industriels ;

2° La plus grande partie des forces hydrauliques utilisés se trouve dans la région méridionale de la Suède, tandis que dans les régions septentrionales, il existe de grandes réserves de forces hydrauliques, non utilisées.

Ce phénomène est dû au développement rationnel de l'industrie suédoise, car les usines hydro-électriques, tout en fournissant de l'énergie aux entreprises existantes, stimulent en même temps la création de nouvelles à leur proximité. Ainsi les hauts fourneaux électriques, préparant du métal avec du minerai et du charbon de bois, sont installés à Donnarfvet, à Hagfors et à Trollhättan ; d'autres sont projetés dans les endroits où l'on prépare l'acier. De la même façon, l'industrie électrochimique se développe à Alby et à Ljunga pour la préparation des carbures de calcium et de la cyanamide calcique ; à Gullspang, à Vargön et à Trollhättan pour celle du ferrosilicium, du manganèse et autres ; à Trollhättan encore pour le zinc ; à Manslo et à Alby pour les chlorates.

La longueur totale des principales lignes de transmission suédoises qui alimentaient les usines et les villes pour leurs besoins municipaux est de 5 000 km.

Le gouvernement suédois, qui a bien compris l'importance que l'utilisation des forces hydrauliques présente pour le pays, a fait preuve d'initiative, de perspicacité et d'énergie en entreprenant lui-même la mise en valeur des chutes de Trollhättan, de Porjus, et Alfkarleby.

Mais, tandis que les usines de Trollhättan, de Porjus et d'Afkarleby sont situées dans le voisinage des centres industriels et dans les régions à population assez dense, celle de Porjus, qui se trouve le plus au Nord, est construite dans une région peu peuplée et aux conditions climatériques très sévères. En entreprenant la mise en valeur des chutes de Porjus le Gouvernement se proposait de rendre plus intense l'exploitation des mines de fer de Kirana et de Gellivata, dont nous avons parlé plus haut, et dont les riches gisements d'excellent minerai sont très recherchés ; les réserves de ces gisements sont évaluées à 870 000 000 t jusqu'à la profondeur de 300 m seulement.

L'exploitation des gisements de Kiruna et de Gellivara est devenue notable à partir de 1913, lorsque fut

(1) Voir la *Revue générale de l'Électricité* du 27 janvier 1917.

(2) C'est par erreur typographique qu'on a indiqué 10 000 ch pour la puissance des moteurs thermiques installés en Suède, à la page 156 du numéro 4 de la *R. G. E.* du 27 janvier 1917.

(1) Voir la *Revue générale de l'Électricité*, du 27 janvier 1917.

Digitized by Google

achevée la construction du chemin de fer Lulea-Narvik qui dessert ces régions. Le minerai extrait est dirigé depuis vers Lulea, situé sur la mer Baltique, et vers Narvik qui débouche dans l'océan Atlantique. Cette ligne de chemin de fer, la plus septentrionale de l'Europe, est à une seule voie; sa longueur totale atteint 496 km. Sa capacité, prévue pour transporter annuellement 1 200 000 t de minerai, est rapidement devenue insuffisante; en 1913, la quantité de minerai transporté a atteint 3 000 000 t et l'on estime que ce tonnage annuel doit dépasser prochainement 5 000 000 t.

Cette augmentation du trafic pouvait être satisfaite par deux procédés différents : 1) soit selon les prévisions antérieures, c'est-à-dire en doublant la ligne; 2) soit par l'électrification qui aurait permis en même temps d'accroître la vitesse des trains. La seconde méthode présentant plusieurs avantages dont le principal est l'économie de son exécution, ce fut elle qu'on adopta de préférence à la première, d'autant plus qu'elle rend possible la substitution des forces hydrauliques qui font la richesse de cette région au charbon qui y coûte fort cher ; d'autre part, elle facilite la traversée des tunnels grâce à la suppression de la fumée.

Toutefois, l'électrification n'a été appliquée qu'à la section comprise entre Kiruna en Suède et Riksgränsen à la frontière norvégienne, d'une longueur de 130 km environ. C'est, en effet, la région la plus accidentée et où la vitesse des trains était par suite la plus réduite. Les

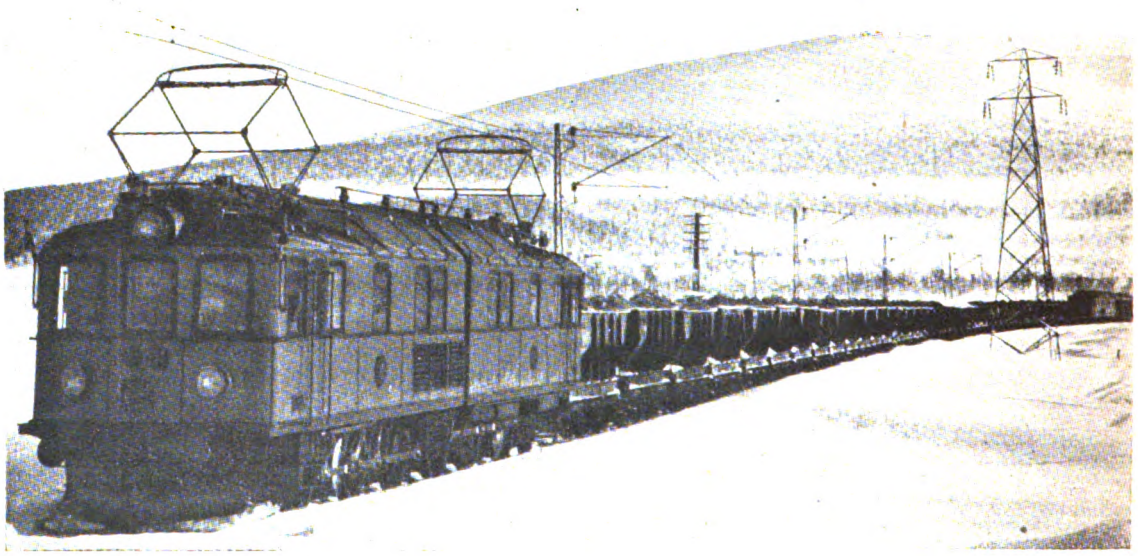


Fig. 1. — Vue d'un train transportant 2 100 tonnes de minerai, actionné par 2 locomotives électriques couplées, l'une en tête, l'autre en queue.

trains à vapeur étaient formés par 28 wagons dont chacun pesait 11 t à vide et pouvait contenir jusqu'à 35 t de minerai. Leur vitesse, qui atteignait 40 km : h en palier, descendait à 12 km sur les pentes de 1 pour 100. Or, la vitesse des trains électriques qui ont 40 voitures, s'élève à 50 et 30 km : h. La figure 1 donne une photographie d'un train minier électrique.

La traction électrique, qui avait été commencée à titre d'essai dans le courant de 1914, fonctionne normalement depuis le 19 janvier 1915 et assure presque exclusivement le trafic, bien que les locomotives n'aient pas encore été toutes livrées.

L'électrification de la voie ferrée Kiruna-Riksgränsen présente le premier pas dans le plan général d'électrification de tout le réseau des chemins de fer suédois, conçu par l'État.

Dans ce but les usines hydro-électriques appartenant à l'État sont construites de façon à permettre leur agrandissement ultérieur avec des frais minimes. Cette élasticité des usines, qui est une qualité précieuse, est obtenue par de nouveaux procédés employés dans l'aménagement des chutes d'eau et dans la construction des centrales.

Nous allons donc décrire ces usines dans leur ordre chronologique en commençant par celle de Trollhattan.

(A suivre.)

J. VICHNIAK,
Ingénieur E. S. E.

Digitized by Google

Revues, analyses et informations

Les inventaires permanents; leur préparation et leur valeur (1).

Un inventaire permanent de l'actif (2) d'une Compagnie chargée d'un service public est utile de plusieurs manières :

1° Il fournit des données permettant de répondre aux plaintes qui peuvent s'élever au sujet des tarifs.

2° L'accroissement des frais de main-d'œuvre et de matériel rend probable, dans bien des cas, l'augmentation future des tarifs, et la Compagnie aura alors besoin de pouvoir produire tous les documents relatifs à son prix de revient.

3° Dans beaucoup de litiges ayant trait soit aux tarifs, soit à des émissions de titres, on a fait des inventaires et évalué la dépréciation et la valeur actuelle. Les formules toutes faites employées pour déterminer la dépréciation ont souvent été jugées défectueuses. Il est fort probable que dans l'avenir, une des plus urgentes raisons pour faire un inventaire et le tenir à jour sera la nécessité d'avoir un moyen de juger si une Compagnie prend les mesures convenables pour le renouvellement et la conservation de son actif.

4° Cet inventaire fournirait des données permettant de se rendre compte si le personnel reçoit une proportion convenable du bénéfice de la Compagnie.

5° Le règlement des assurances contre l'incendie et les autres causes de pertes pourrait être obtenu de manière plus facile et plus équitable.

Préparation de l'inventaire. — Il n'est pas nécessaire de faire tout d'abord un inventaire complet de l'actif; il est plus simple d'inaugurer un inventaire de tout le nouveau matériel dont on fait l'acquisition à partir d'une époque déterminée et de tout l'ancien matériel mis hors service et remplacé ou abandonné. L'inventaire de l'actif de la Compa-

Tableau I. — *Modèle de feuille pour les éléments des groupes B et C.*

COMPAGNIE AMÉRICAINE D'ÉLECTRICITÉ

Division Nord. Emplacement : tous.

Calculateur ..... Vérificateur ..... Date .....

Sujet : Transformateurs de 5 kw type X. Feuille n° 1.

DATE	NOMBRE D'UNITÉS			PRIX PAR UNITÉ FR	PRIX TOTAL	PRIX TOTAL RECTIFIÉ A CE JOUR	ANNÉES	
	Ajoutées.	Retirées. Nombre.	Retirées. Date de 1re installon	Total net à ce jour.				Vie moyenne des unités retirées.	Age moyen des unités installées.
	Inventaire 1er janvier 1916.			250	310	77 500	77 500		5,1
1916.....	40			290	305 (1)	12 200	89 700		
1916.....		2	1900	288	325 (2)	650	89 050	16	
1916.....		3	1901	285	320 (2)	960	88 090	15	
1916.....	Inventaire 31 décembre.			285	309		88 090		5,08
1917.....									

(1) Prix moyen de toutes les unités de cette puissance pour une période donnée, un an par exemple.
(2) On pourrait faire la moyenne des prix et ne donner ainsi qu'un chiffre, ou, si la variation de prix n'est pas grande, ces transformateurs pourraient être retirés au prix moyen des 250 indiqués au commencement de l'année.

gnie à l'époque de l'inauguration de l'inventaire permanent se fera aux moments où les ingénieurs et inspecteurs seront disponibles pour ce travail, et l'on pourra ainsi, en peu d'années, avoir un inventaire complet.

Le vrai problème de l'entretien d'un inventaire permanent est celui-ci : en dissociant l'actif d'une Compagnie en unités matérielles, quel degré de petitesse peut-on atteindre pour ces unités sans arriver à des frais excessifs, et quelle grandeur peut-on leur attribuer sans rendre trop incertaine l'identification des diverses parties de l'actif?

Par exemple, supposons qu'une Compagnie construise aujourd'hui une grande station centrale et que, dans dix ans d'ici, elle l'agrandisse en enlevant un mur et en utilisant une partie du matériel pour la construction nouvelle. Ou encore : une Compagnie installe un réseau de distribution aérien; cinq ans plus tard, il devient nécessaire de remplacer plusieurs des conducteurs existant dans une certaine rue par d'autres de diamètre plus grand; cinq ans plus tard, il est nécessaire de transporter une partie de cette même ligne de l'autre côté de la rue et d'installer des poteaux communs avec une autre Compagnie; et enfin quinze ans plus tard, il est nécessaire de remplacer toute cette installation par un réseau souterrain.

Est-il possible de tenir un compte exact de ces opérations, additions et suppressions, sans avoir recours à des estimations incertaines? On y arrive en enregistrant le prix de revient de chaque élément qu'on ajoute à l'actif, que ce soit par une construction ou une acquisition, au moment où cette construction ou bien cette acquisition viennent d'être effectuées.

(1) Harry E. Carver. Communication présentée à l'American Institute of Electrical Engineers, le 10 novembre 1916. — *Proceedings of the A. I. E. E.*, novembre 1916, t. xxxv, p. 1545-1557.

(2) Le terme employé ici dans le texte anglais est *property*, qui comprend les terrains, les immeubles et le matériel. Faute de mieux, nous traduisons par le mot *actif*, mais en excluant de ce terme les créances diverses et les espèces en caisse et en banque, qui y sont ordinairement comprises. (N. d. T.)

Digitized by Google

En vue de l'inventaire, les éléments de l'actif peuvent être divisés en quatre groupes :

A. Les éléments qui sont assez importants pour être enregistrés individuellement, mais qui peuvent être modifiés en partie : bâtiments.

B. Les éléments qu'on peut enregistrer individuellement et qu'on retire de service par unités ; exemple : compteurs.

C. Les éléments qu'il faut enregistrer en unités de longueur, de poids, etc, et les éléments divers : fils et câbles, isolateurs, parafoudres, etc.

D. Les éléments tels que : matériaux et fournitures, outils portatifs, mobilier de bureaux, etc.

Beaucoup de Compagnies, actuellement, tiennent à jour certaines écritures qui peuvent s'adapter très exactement à un inventaire permanent. Ces écritures se composent surtout de fiches indiquant l'emplacement, le type, la dimension, les dates d'installation, les déplacements, etc., des compteurs, transformateurs, poteaux et parfois aussi des lampes d'éclairage public, des branchements et éléments semblables ; ces fiches sont indispensables pour permettre de dresser les feuilles d'inventaire qu'on va indiquer.

Le tableau I de la page précédente montre, un modèle de feuille à tenir pour les éléments des groupes B et C.

Pour un inventaire résumé des unités de puissances différentes, on emploiera une feuille du modèle du tableau II :

TABLEAU II. — *Modèle de feuille récapitulative pour les éléments du groupe B et C.*

COMPAGNIE AMÉRICAINE D'ÉLECTRICITÉ

Division Nord. Emplacement : tous.

Calculateur ..... Vérificateur ..... Date .....

Sujet : Résumé des transformateurs. Feuille n° 101.

FEUILLE DE RÉFÉRENCE	PUISSANCE	TYPE	NOMBRE D'UNITÉS				PRIX DES UNITÉS				PRIX MOYEN PAR UNITÉ 31 déc.	VALEUR ACTUELLE 31 décembre (1)	
			1 janv.	ajoutées	retirées	31 déc.	1 janv.	ajoutées	retirées	31 déc.		pour 100	totale
1	5 kw	X	250	40	5	285	77 500	12 200	1 610	88 090	309	74,6	66 700
5	10 kw	X	100	20	2	118	etc.						

(1) Le taux pour 100 mis en sous-titre de la « Valeur actuelle » est relatif à la dépréciation et s'obtiendrait ordinairement en comparant l'âge moyen des unités installées à la vie moyenne des unités retirées. Dans ce cas-ci, on estime qu'une vie de 15 ou 16 ans n'est pas assez longue et on se base arbitrairement sur une durée de vie de 20 ans.

A la fin de chaque année, la comparaison d'un tel inventaire avec le précédent indiquera la valeur totale des retraits et des additions et l'on pourra alors mettre d'accord, au moyen d'une somme unique, le compte « capital » et le compte d'amortissement.

Enfin le modèle de feuille du tableau III sera employé pour un résumé général de l'inventaire de tout l'actif.

TABLEAU III. — *Modèle de feuille de résumé général d'inventaire.*

COMPAGNIE AMÉRICAINE D'ÉLECTRICITÉ

Division Nord. Emplacement : tous.

Calculateur ..... Vérificateur ..... Date .....

Sujet : Résumé général, 1916. Feuille n° 10.

FEUILLE DE RÉFÉRENCE	DÉSIGNATION DES PARAGRAPHES	PRIX TOTAL				VALEUR ACTUELLE	
		1er janvier	ajoutés	retirés	31 déc.	pour 100	totale
5	Terrains, etc.....						
101	Matériel général (1).....	1 050	90	60	1 080	77,7	840
101	Bâtiment de sous-station.....	12 000	5 000	1 000	16 000	93,2	14 910
101	Transformateurs.....	75 000	12 200	1 610	88 090	74,6	66 700

(1) Ce paragraphe comprend ici un mobilier de bureau.

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

Importations et exportations françaises

Le tableau ci-dessous donne lieu aux observations suivantes.

L'importation des *dynamos de 1000 kg et plus* a été pour les onze premiers mois de 1916, de plus du double

FRANCE. — Matériel électrique.

CHIFFRES OFFICIELS DU COMMERCE SPÉCIAL POUR LES ONZE PREMIERS MOIS DES ANNÉES 1914, 1915 ET 1916

	DÉSIGNATIONS	QUANTITÉS EXPRIMÉES EN QUINTAUX MÉTRIQUES			VALEURS EXPRIMÉES EN MILLIERS DE FRANCS		
		1916 (1)	1915	1914	1916	1915	1914
IMPORTATIONS	I. Machines dynamo-électriques — pesant 1 000 kg et plus	31 084	8 826	15 972	4 663	1 324	2 396
	— — plus de 50 et moins de 1 000 kg.	21 637	8 404	9 626	4 327	1 681	1 925
	— — moins de 50 kg	1 319	1 012	2 122	528	405	849
	II. Appareils électriques et électrotechniques — avec enroulement de fil métallique isolé	6 104	2 345	5 838	10 787	4 104	10 217
	— sans enroulement	3 084	1 169	3 271	2 621	993	2 780
	III. Bâtis et carcasses de dynamos	3 883	899	67	155	36	3
	IV. Lampes électriques à incandescence — filament de charbon	78	2	40	59	2	30
	— filament métallique	1 153	130	446	2 767	312	1 070
	— sans monture	1		5	3		15
	V. Lampes à arc et pièces détachées	20	5	74	10	2	37
	VI. Charbons préparés pour l'éclairage électrique	7 326	4 653	3 005	1 172	744	481
	VII. Fils et câbles isolés pour l'électricité	8 599	3 645	1 330	2 150	911	333
	VIII. Induits de machines dynamo-électriques et pièces détachées pour appareils électriques	5 500	1 820	5 158	2 200	728	2 063
	IX. Aimants autres que les électro-aimants	63	16	514	16	4	129
	X. Accumulateurs et pièces détachées	1 559	2 430	719	203	316	93
	XI. Piles sèches	1 791	1 298	598	358	260	120
	XII. Pièces pour l'électricité en porcelaine, faïence, grès, isolateurs et autres	2 960	1 760	7 652	474	282	1 224
		96 161	38 414	56 437	32 493	12 104	23 765
EXPORTATIONS	I. Machines dynamo-électriques et transformateurs	3 191	3 249	11 248	798	812	2 812
	II. Appareils électriques et électrotechniques	10 005	5 789	7 090	11 206	6 484	8 613
	III. Bâtis et carcasses de dynamos et de moteurs électriques	15	19	2	1	1	
	IV. Lampes à incandescence	976	1 088	1 376	1 171	1 306	1 651
	V. Lampes à arc et pièces détachées en fer ou en acier	83	146	325	37	66	146
	VI. Charbons préparés pour l'électricité et pour autres usages industriels	15 209	21 321	42 292	6 510	3 070	6 090
	VII. Fils et câbles isolés pour l'électricité	6 564	5 373	22 979	1 181	967	4 136
	VIII. Induits de machines dynamo-électriques et pièces pour appareils électriques	2 181	1 748	4 908	883	708	1 988
	IX. Aimants autres que les électro-aimants	40	34	22	10	9	6
	X. Accumulateurs électriques et pièces détachées	3 915	3 271	3 852	599	500	589
	XI. Piles sèches						
	XII. Pièces pour l'électricité en porcelaine, faïence, grès blanc ou de couleur, isolateurs et autres	3 115	2 575	5 337	349	288	598
	Pièces pour l'électricité en verre	445	155	3 474	41	14	324
		75 739	46 768	102 905	22 786	14 225	26 953

(1) Il a été en outre importé en 1916 pour le compte de l'armée le matériel suivant dont les titres de mouvement n'ont pas encore été régularisés :

I. Machines dynamo-électriques pesant plus de 50 kg et moins de 1 000 kg..... 861 quintaux métriques.
II. Appareils électriques, avec enroulement..... 475 »
Appareils électriques, sans enroulement..... 153 »
VII. Fils et câbles isolés..... 2 372 quintaux métriques.

Digitized by Google

de celle de la période correspondante de 1914 et de près du quadruple sur celle de 1915. Leur exportation, en diminution sur les années précédentes, a été de 450 quintaux en novembre 1916.

Le quantum de l'importation des *appareils électriques et électrotechniques* a été, en 1916, de plus du double de celui de la même période de 1914. Le commerce français en a acheté 1 000 quintaux en novembre 1916. Leur exportation, en progression sur 1914 et 1915, a été, le même mois, de 3 000 quintaux.

Il a été importé, en 1916, 3000 quintaux de *bâtis et carcasses de dynamos* de plus que chacune des années antérieures.

L'industrie étrangère, sans doute espagnole et hollandaise, a importé, en 1916, environ 1 000 quintaux de *lampes à incandescence à filament métallique* de plus que pendant les onze mois de 1914 et 1915.

L'importation et l'exportation des *lampes à arc* continuent toujours à diminuer.

Les achats de la France à l'extérieur, en *charbons préparés pour l'éclairage électrique*, ont été de près du double, pendant les onze mois de 1916, des quantités achetées dans la période correspondante de 1914 et 1915. Mais, comme contre-partie, rien qu'en novembre 1916, nous en avons exporté près de 6 000 quintaux, et pour les onze premiers mois de 1916 nous en avons cédé à l'étranger une quantité en augmentation de 3000 quintaux sur 1914 et de 20 000 quintaux sur 1915.

Nous avons importé, en 1916, une quantité de *fils et câbles isolés pour l'électricité* plus forte du double que les deux années précédentes, et, seulement en novembre 1911, une quantité de 2839 quintaux. Il est probable que ces articles viennent d'Italie, pays grand producteur de ces fils et câbles. Dans le même mois, nous avons exporté environ 2300 quintaux de fils de notre fabrication.

Les importations d'*induits de dynamos* ont été, en novembre 1916, de 2000 quintaux.

Nous avons, le même mois, exporté environ 1600 quintaux d'*accumulateurs*.

Il a été importé, en 1916, environ 500 quintaux de *piles sèches* en plus des quantités réduites des années 1914 et 1915. Mais notre exportation de cet article est absolument nulle.

D'ores et déjà nous avons connaissance de demandes, provenant de pays étrangers amis, de matériel électrique français pour lequel ceux-ci désirent, après-guerre, remplacer les articles qu'ils achetaient, avant-guerre, en Allemagne et en Autriche. Nous n'ignorons pas que la fabrication et les ateliers des principaux constructeurs électriciens sont accaparés par l'Etat actuellement.

Néanmoins, ce n'est pas une raison pour que, dès maintenant, les constructeurs français ne se préoccupent pas d'organiser, pour l'après-guerre, leur plan de campagne, et, dans le but de faire mieux connaître et apprécier au dehors la fabrication française hors de pair, de préparer l'envoi, dès la cessation des hostilités, de voyageurs sérieux et d'agents à installer à postes fixes. Sans parler de l'Europe et de nos colonies, c'est de préférence en Amérique latine que doivent se concentrer nos efforts. Car ces marchés importants, où pourtant la France est très aimée et ses produits manufacturés justement estimés, nous sont dès maintenant disputés de haute lutte économique par nos habiles concurrents austro-allemands et nord-américains.

Désiré PECTOR.
Conseiller honoraire du Commerce extérieur.

Assemblées générales

Compagnie française des métaux.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 21 DÉCEMBRE 1916.

La Compagnie française des métaux, qui fournissait avant la guerre des produits fabriqués pour l'industrie et en particulier pour l'électricité, fils de cuivre, de bronze ou de bi-métal, laitons, maillechort, platine, a dû abandonner presque complètement sa clientèle commerciale pour se consacrer aux fabrications de la guerre. Elle a, dans ce but, considérablement augmenté la production des quatre usines qui lui restaient, en particulier de celle de Castelsarrasin, son principal établissement à Givet se trouvant en pays envahi. Cette situation l'a amenée, dans le bilan que nous reproduisons ci-après, à ouvrir un compte nouveau pour amortissement spécial pour réfection de l'usine de Givet auquel a été attribuée une somme de 2 500 000 fr.

Tous les postes de l'actif et du passif sont en progression par suite de l'augmentation des travaux neufs, des stocks de marchandises, des mouvements des capitaux...

L'augmentation totale du chapitre de l'actif est de 94 647 923 fr et celle du passif de 77 391 590 fr.

Le produit brut de l'exercice, régularisé par le fonctionnement des provisions des métaux est de 11 886 909 fr et le montant total du compte profits et pertes de 12 542 488 fr sur lequel, après amortissement des travaux neufs de l'exercice pour 430 000 fr. de l'usine de Givet pour 2 500 000 fr. et réduction faite des frais généraux et des services des titres, il est resté un solde créditeur de 3 345 895 fr. Le Conseil a décidé de distribuer aux actions un dividende de 60 fr et de reporter à nouveau 629 482 fr.

BILAN AU 30 JUIN 1916.

Actif.

	fr
Apports : immeubles, matériel, fonds de commerce	20 000 000 »
Prime de remboursement des obligations	» » » »
Frais d'émission des obligations	» » » »
Frais de constitution	» » » »
Travaux et immeubles	1 243 920,28
Matériel et construction industrielle	22 323 377,48
Fonds de commerce	268 630,77
Approvisionnements	85 453 539,80
Débiteurs divers	37 626 566,10
Valeurs disponibles	21 722 050,82
	188 638 084,25

Digitized by Google

Passif.	fr
Capital actions	25 000 000 »
Capital obligations	14 711 500 »
Amortissement des obligations et des apports et accroissements	28 102 660.25
Amortissement spécial pour réfection et remise en marche de l'usine de Givet	2 500 000 »
Réserve légale	2 500 000 »
Provisions diverses	5 638 854,30
Provisions régulatrices de la valeur des métaux.	17 390 000 »
Provisions pour assurances et fonds de secours.	1 376 573,96
Créanciers divers	87 480 189 68
Reliquat du compte profits et pertes de l'exercice précédent	582 410.25
Solde créditeur du compte profits et pertes de l'exercice	3 345 895.90
	188 638 084.25

Compagnie Générale d'Électricité.

Assemblée générale extraordinaire du 15 février 1917.

L'Assemblée générale extraordinaire a, dans une première réunion, modifié les statuts et fixé la durée de la Société à 99 ans.

Dans une deuxième assemblée tenue le même jour, elle a reconnu sincère et véritable la déclaration de souscription à l'augmentation du capital social de 25 à 35 millions de francs.

Cette augmentation de capital et le placement de 50000 obligations nouvelles mettent à la disposition de la Société une somme globale de 36 millions de francs qui lui permettra de pourvoir à ses besoins actuels ainsi qu'à ceux qui surgiront ultérieurement à la fin des hostilités.

Compagnie Lorraine d'Électricité.

Assemblée générale extraordinaire du 24 janvier 1917.

L'Assemblée générale extraordinaire du 24 janvier a approuvé les résolutions suivantes :

Appel des 3/4 restant à verser sur 10000 actions non encore libérées :

Réduction du capital de 15 à 6 millions de francs ;

Réaugmentation du capital de 6 à 10 millions.

Une seconde Assemblée générale extraordinaire est convoquée pour le 8 mars prochain, afin de constater la sincérité de la souscription et la réalité des versements qui en seront la conséquence.

Le capital social de la Compagnie Lorraine d'Électricité sera donc définitivement fixé à 10 millions de francs, divisé en 100 000 actions de 100 fr.

Il n'y aura pas d'émission publique ; pourront seuls souscrire aux actions nouvelles les actionnaires actuels.

Tréfileries et laminoirs du Havre.

Assemblée générale extraordinaire du 6 février 1917.

L'Assemblée générale extraordinaire de cette Société que nous avons annoncée précédemment (1) s'est tenue le 6 février dernier avec le programme suivant :

1° Augmentation du capital de 30 à 45 millions de francs ;

2° Augmentation éventuelle de 45 à 60 millions.

Pour la première partie de ce programme, voici les mesures proposées par le Conseil :

Porter la somme de 6 200 000 fr constituée par la prime encaissée sur l'émission des 50 000 actions nouvelles faite en octobre dernier à un compte « Primes d'émissions » auquel serait également transférée la somme de 8 412 403,71 fr, comprise dans la réserve extraordinaire et qui provient des émissions d'actions précédemment faites en 1906, 1907, 1912 et 1913.

Ajouter à la somme de 14 662 403,71 fr ainsi constituée au compte « Primes d'émissions » une somme de 337 596,29 fr prise sur la réserve extraordinaire, pour former un total de 15 millions de francs.

Décider que cette somme de 15 millions de francs serait répartie aux actionnaires au moment que le Conseil jugerait opportun, à raison de 50 fr par action nets d'impôts, la Société prenant à sa charge les droits fiscaux qu'il y aurait lieu. Par mesure de simplification, cette répartition serait constatée par la remise du coupon n° 16.

Décider que, simultanément avec cette répartition, le capital social serait porté de 30 à 45 millions de francs par l'émission au pair de 150 000 actions nouvelles mises à la disposition des actionnaires à titre irréductible, à raison d'une action nouvelle pour deux actions anciennes et, en outre à titre réductible, moyennant remise simultanée pour chaque action nouvelle demandée du coupon n° 16 détaché sur deux actions anciennes.

Les actions nouvelles seraient émises jouissance du 1er juillet 1916 et auraient par conséquent droit au dividende de l'exercice 1916-1917. Elles seraient donc immédiatement assimilables aux actions anciennes.

Pour la seconde partie de ce programme, le Conseil demande que l'Assemblée lui donne le pouvoir jusqu'au 31 décembre 1917, de procéder à l'augmentation ultérieure du capital de 45 à 60 millions de francs, en une ou plusieurs fois, par l'émission d'actions nouvelles de 100 fr à souscrire contre numéraire, quand il jugera le moment opportun et ce, aux prix, clauses et conditions qu'il avisera au mieux des intérêts de la Société.

Revues, analyses et informations

Les ingénieurs et les questions économiques et politiques. — Les idées d'un industriel américain.

Au meeting de la section de Shenectady de l'American Institute of Electrical Engineers (oct. 1916), M. E.-W. Rice, jr, président de la G. E. C°, prononça un discours que nous ne pouvons reproduire « in extenso », mais dont nous croyons devoir exposer les idées principales.

M. Rice est bien Américain, et il manifeste sa nationalité par un robuste réalisme ainsi que par une conception de la vie d'où les éléments psychologiques et moraux paraîtraient peut-être trop absents à des idéalistes français. Mais son réalisme même l'induit à réclamer des ingénieurs une culture générale et une largeur de pensée qu'ils ont malheureusement trop souvent l'habitude de considérer comme un luxe, sinon comme un vice.

Une préoccupation analogue s'était déjà manifestée dans notre pays avant la guerre sous l'impulsion de savants et d'ingénieurs dont nul ne pouvait dire qu'ils n'étaient pas

(1) Voir *R. G. E.*, n° 4, t. 1, p. 153.

Digitized by Google

en même temps que des hommes de premier ordre, des spécialistes éminents (1).

Il est curieux de voir la même idée étayée par des arguments non plus seulement humains, mais professionnels et utilitaires.

Il est intéressant aussi d'entendre une voix étrangère autorisée s'exprimer avec compétence au sujet de questions économiques qui se sont déjà posées chez nous, et qui s'y poseront encore.

D'autre part, si M. Rice semble partisan d'un libéralisme économique qui, dans notre pays, paraîtrait sans doute quelque peu périmé, il n'en exprime pas moins des idées fort judicieuses sur les rapports qui doivent exister entre le gouvernement et l'industrie.

Après les congratulations de style, M. Rice, en substance, s'adresse ainsi à son auditoire :

La profession d'ingénieur est certes la plus belle qu'un homme intelligent puisse embrasser. Le travail et le talent dépensés pour la solution des problèmes industriels sont bien récompensés par les résultats obtenus. En particulier, l'œuvre de la dernière génération d'ingénieurs a été admirablement féconde. Des centaines de milliers d'hommes, maniant des centaines de millions de dollars, augmentent, pour des millions d'hommes « le confort de la vie et la joie de l'existence ». L'industrie électrique, notamment, a manifesté de prodigieuse façon l'emprise de l'homme sur la nature.

Cependant, vous ne devez pas vous absorber seulement dans l'étude des problèmes techniques strictement professionnels, mais également vous préoccuper d'autres questions, notamment des questions économiques et des questions politiques. « L'ingénieur de l'avenir devra s'intéresser à ces deux sujets. »

1° Le rôle de l'ingénieur est de produire de la richesse, c'est-à-dire d'accroître la somme des biens matériels qui fondent notre prospérité et même notre existence.

Or, pour peu que vous ayez utilisé « vos yeux, vos oreilles et vos cerveaux », vous avez certainement été frappés par une théorie très répandue aujourd'hui, à savoir que tous les travailleurs et producteurs ont intérêt à réduire le plus possible leur activité, qu'il est préférable de réduire la production à un minimum, plutôt que de l'élever à son maximum, et que les prix de revient peuvent être augmentés indéfiniment sans dommage ni pour l'industrie, ni pour les intérêts des travailleurs (2). Cependant, il est faux que le travail proposé à l'activité de la collectivité humaine soit limité ; et que la diminution du travail d'un individu permette d'accroître les salaires de sa classe.

C'est à vous, ingénieurs, qu'il appartient de combattre cette doctrine fallacieuse et néfaste. Sans doute le travailleur, en tant qu'individu, doit partager le produit de son labeur, et travaille en réalité pour autrui comme pour lui-même. Mais la collectivité commettrait un suicide en réduisant sa production. Comme d'ailleurs le progrès industriel et celui de la civilisation seraient ralentis par la diffusion de la fausse doctrine, vous n'avez pas le droit, ni même la possibilité, de la tenir pour indifférente.

2° Nous nous contentons volontiers des lois et des mesures administratives élaborées par le gouvernement à qui nous en déléguons le soin.

Cependant, au cours de la dernière décade, notre législation a revêtu de nouveaux caractères. On a établi, et l'on établit de plus en plus des règlements pour le contrôle et la restriction de l'activité industrielle, ainsi que des lois d'allure socialiste et d'un caractère protecteur paternel (paternalitic). Nous répudions notre vieille doctrine suivant laquelle « chacun doit être l'architecte de sa propre fortune et son propre pilote pour la course au bonheur ».

Je ne veux pas critiquer, a priori, cette tendance de l'esprit contemporain, mais je dois vous rappeler que votre éducation scientifique a dû vous habituer à regarder les faits en face et objectivement, qu'il faut rejeter le plus possible de préjugés et de superstitions, n'approuver que les tendances pratiques et justes, et que votre première vertu doit être l'honnêteté intellectuelle.

C'est dans cet esprit que vous devez vous préoccuper des travaux de notre gouvernement.

Or, si celui-ci continue à vouloir contrôler et réglementer les affaires industrielles, il est essentiel que les hommes que nous déléguons au pouvoir soient instruits de la technique des affaires modernes, dont l'art de l'ingénieur forme précisément un facteur essentiel. Les affaires de nos jours sont excessivement complexes, leur succès suppose l'expérience technique, l'habileté scientifique, l'activité sans repos, l'honnêteté intellectuelle, le talent d'administrer, une initiative toujours féconde en ressources.

Sont-ce bien là les conditions de la vie politique ?

Si les préjugés de toute nature sont partout nuisibles, ils le sont spécialement quand ils sont le fait des hommes au pouvoir. C'est donc pour vous, ingénieurs, un devoir de ne pas vous désintéresser des luttes politiques, mais d'user au contraire de vos connaissances et de vos réflexions pour y exercer une influence.

Votre honnêteté intellectuelle et votre largeur d'esprit doivent vous amener à vous élever au-dessus des préoccupations d'une seule classe ; à considérer non seulement les intérêts des capitalistes, des manufacturiers ou des négociants, mais ceux de la nation tout entière.

Cela suppose que vous exerciez votre part légitime d'influence dans la vie sociale. Car c'est une erreur fatale de croire qu'une classe de citoyens peut en exploiter une autre sans que tous en souffrent ; si la production est restreinte, si le succès est pénalisé, le pouvoir étant aux mains d'hommes incapables, l'industrie courra à des crises désastreuses.

C'est vous dire qu'en vous intéressant aux problèmes généraux d'ordre économique et politique, vous travaillerez non seulement pour l'ensemble du peuple, mais encore pour vos propres intérêts industriels.

Si c'est le rôle des hommes intelligents et cultivés de lutter pour les idées justes et saines, ils ne doivent pas oublier non plus « qu'une vigilance toujours en éveil est la rançon de la liberté ».

J. G.

(1) Signalons à ce sujet deux brochures que devraient avoir lues tous les ingénieurs, quels qu'ils soient :
Les Humanités et les Ingénieurs, par H. Le Chatelier (Fayard).
Les Sciences et les Humanités, par H. Poincaré (Fayard).

(2) Ici, il est à peine besoin de faire remarquer que M. Rice accentue à dessein la théorie, qu'il combat, du malthusianisme économique. Sous la forme qu'il lui prête, elle est en effet trop exagérée pour ne pas paraître immédiatement paradoxale et sophistique. — J. G.

Digitized by Google

SECTION DE LÉGISLATION

Législation, jurisprudence, réglementation

Décret réglementant l'usage de la force motrice à emprunter à la rivière de la Vienne pour l'alimentation d'une usine hydro-électrique.

Le « Journal officiel » du 8 février 1917, p. 1069, publie un décret autorisant la Société des Papeteries de la Haye-Descartes à aménager immédiatement une chute d'eau sur la Vienne, dépendant du domaine public, avant que la concession de travaux publics ait pu lui être accordée.

Les travaux primitivement entrepris par cette usine pour l'aménagement de la chute pour ses besoins personnels avaient été soumis au régime de l'autorisation précaire et révocable. Mais, en présence de la situation nouvelle créée par la guerre, elle fut amenée à envisager la distribution à des tiers de l'excédent d'énergie qu'elle n'absorbait pas. Dès lors, il devenait nécessaire de lui appliquer la législation sur les travaux publics mais, vu l'urgence, le ministre des Travaux publics a pris un décret pour l'autoriser à exécuter les travaux en attendant que les formalités administratives aient été achevées, par application des principes adoptés pour l'établissement de l'usine hydro-électrique de Beaumont-Monteux sur la basse Isère (décret du 25 octobre 1914).

Décret nommant les membres du Comité permanent d'électricité pour les années 1917 et 1918.

Un décret du 30 janvier 1917, paru au « Journal officiel » du 7 février 1917, nomme, pour les années 1917 et 1918, les membres du Comité permanent d'Electricité dont nous donnons les noms ci-après :

MM. Bizet, vice-président de l'Union des syndicats de l'électricité ;

Boutan, directeur de la Compagnie du gaz de Lyon ;

Brachet, directeur du secteur électrique des Champs-Elysées ;

Brylinski, sous-directeur de la Société « Le Triphasé » ;

Cordier, président du Conseil d'administration de la Société « Énergie électrique du littoral méditerranéen » ;

Equer, administrateur délégué de la Compagnie générale parisienne des tramways ;

Harlé, de la maison Sautter, Harlé et Cie ;

Hillairet, ingénieur constructeur ;

Labour, administrateur de la Société d'application de l'électricité à la traction ;

Legouez, administrateur de la Société parisienne pour l'industrie des chemins de fer et des tramways électriques, de la Compagnie du chemin de fer métropolitain de Paris et de la Société anonyme des ateliers de constructions électriques du Nord et de l'Est ;

Meyer (Ferdinand), directeur de la Compagnie continentale Edison ;

Pavie, administrateur délégué de la Compagnie générale française de tramways ;

Picou, ingénieur des Arts et Manufactures ;

Sartiaux (Albert), ingénieur en chef de l'exploitation de la Compagnie du chemin de fer du Nord,

Sée (Raymond), président de la Commission d'exploitation du Syndicat des usines d'Electricité ;

Duponteil, conseiller d'Etat, directeur de l'administration départementale et communale au ministère de l'Intérieur ;

Lauriol, ingénieur en chef des services généraux d'éclairage de la ville de Paris ;

Michaux, membre du Comité consultatif de la vicinalité au ministère de l'Intérieur ;

Belugou, ingénieur en chef des Télégraphes, chef de bureau à l'administration centrale des Postes et des Télégraphes ;

Maureau, ingénieur en chef des Postes et des Télégraphes ;

Devaux-Charbonnel, ingénieur en chef des Postes et des Télégraphes ;

Le lieutenant-colonel Rouyer, directeur de l'atelier de chargement de Vénissieux (Rhône) ;

Le lieutenant-colonel Ferrié, directeur technique de la radiotélégraphie militaire à Paris ;

Le lieutenant-colonel Piérard, de la section technique du génie ;

Lafosse, inspecteur général des Eaux et Forêts ;

Pélissier, inspecteur général des améliorations agricoles ;

Trote, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, inspecteur général de l'hydraulique agricole ;

Doërr, inspecteur général des Ponts et Chaussées ;

Rivoire-Vicat, inspecteur général des Ponts et Chaussées ;

Monmerqué, inspecteur général des Ponts et Chaussées ;

Arrêté nommant le président, le vice-président et les secrétaires du Comité permanent d'électricité pour 1917 et 1918.

Par arrêté du sous-secrétaire d'Etat des Transports, en date du 10 février et publié au « Journal officiel » du 13 février, p. 1177, les membres du Comité permanent d'Électricité sont désignés pour remplir, pendant les années 1917 et 1918, les fonctions ci-après, savoir :

Président : M. Rivoire-Vicat, inspecteur général des Ponts et Chaussées ;

Vice-président : M. Doërr, inspecteur général des Ponts et Chaussées ;

Secrétaire : M. Monmerqué, inspecteur général des Ponts et Chaussées.

Par le même arrêté, sont attachés au Comité permanent d'électricité, pour l'année 1917, en qualité de secrétaires adjoints :

MM. Le Gavrian, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées ;
Cahen, ingénieur des Postes et des Télégraphes.

Arrêté fixant la composition des sections du Conseil général des Ponts et Chaussées.

Par arrêté du sous-secrétaire d'Etat des Transports, en date du 3 janvier et publié au « Journal officiel » du

Digitized by Google

3 février, p. 953, la composition des sections du Conseil général des Ponts et Chaussées, est fixée ainsi qu'il suit pour l'année 1917 :

1re Section (routes, chemins de fer d'intérêt local et tramways et affaires administratives concernant les distributions d'énergie électrique) :

MM. Doërr, inspecteur général de 1re classe, président ;
Schœndœrffer, inspecteur général de 1re classe ;
Tourtay, inspecteur général de 1re classe ;
Monnet, inspecteur général de 2e classe ;
Limasset, inspecteur général de 2e classe ;
Le Cornec, inspecteur général de 2e classe ;
Tur, inspecteur général de 2e classe (mobilisé) ;
Lorieux, ingénieur en chef (mobilisé), secrétaire par intérim.

2e Section (navigation intérieure, service hydraulique, travaux communaux, questions d'utilisation des forces motrices naturelles) :

MM. Salles (Alfred), inspecteur général de 1re classe, président ;
Résal, inspecteur général de 1re classe (mobilisé) ;
Lumeau, inspecteur général de 1re classe ;
Dusuzeau, inspecteur général de 2e classe ;
Galliot, inspecteur général de 2e classe ;
Monnet, inspecteur général de 2e classe ;
Rousseau, ingénieur en chef (mobilisé), secrétaire ;
Willotte, ingénieur en chef, secrétaire par intérim.

3e Section (forts maritimes, phares et balises) :

MM. Meunier, inspecteur général de 1re classe, président ;
Crahay de Franchimont, inspecteur général de 1re classe ;
Ribière, inspecteur général de 1re classe ;
Widmer, inspecteur général de 2e classe ;
Imbert, inspecteur général de 2e classe ;
Barbé, inspecteur général de 2e classe ;
Leloutre, inspecteur général de 2e classe ;
Lahaussois, ingénieur en chef (mobilisé), secrétaire ;
Widmer, inspecteur général de 2e classe, secrétaire par intérim.

4e Section (chemins de fer d'intérêt général) :

MM. Luneau, inspecteur général de 1re classe, président ;
Rivoire-Vicat, inspecteur général de 1re classe ;
Barrand, inspecteur général de 2e classe ;
Mussat, inspecteur général de 2e classe ;
Bresse, inspecteur général de 2e classe ;
Nouailhac-Pioch, ingénieur en chef de 1re classe ;
Bourquelot, ingénieur en chef de 1re classe ;
Robert (Antoine), ingénieur en chef (mobilisé), secrétaire ;
David, ingénieur en chef, secrétaire par intérim.

Arrêté nommant les membres de la Commission des distributions électriques pour les années 1917 et 1918.

Par arrêté du sous-secrétaire d'Etat des Transports en date du 10 février 1917 et publié au « Journal officiel » du 13 février, p. 1177, sont nommés membres de la Commission des distributions d'énergie électrique, pour les années 1917 et 1918 :

MM. Doërr, inspecteur général des Ponts et Chaussées, président ;
Rivoire-Vicat, inspecteur général des Ponts et Chaussées ;
Schœndœrfeer, inspecteur général des Ponts et Chaussées ;
Ribière, inspecteur général des Ponts et Chaussées ;
Monnet, inspecteur général des Ponts et Chaussées ;
Tourtay, inspecteur général des Ponts et Chaussées ;
Barrand, inspecteur général des Ponts et Chaussées ;
Limasset, inspecteur général des Ponts et Chaussées ;
Le Cornec, inspecteur général des Ponts et Chaussées ;
Galliot, inspecteur général des Ponts et Chaussées ;
Tur, inspecteur général des Ponts et Chaussées ;
Walkenaer, inspecteur général des Mines ;
Liénard, ingénieur en chef des Mines ;
Seguin, inspecteur du Travail ;
Brylinski, directeur de la Société « Le Triphasé » (Nord-Lumière) ;
Cordier, président du Conseil d'administration de la Société « Énergie électrique du littoral méditerranéen » ;
Legouez, administrateur de la Société parisienne pour l'industrie des chemins de fer et des tramways électriques, de la Compagnie du chemin de fer métropolitain de Paris et de la Société anonyme des ateliers de constructions électriques du Nord et de l'Est ;
Raclet, administrateur délégué de la Société lyonnaise des Forces motrices du Rhône ;
Sautereau, trésorier du Syndicat des Forces motrices et industries électriques ;
Veybel, secrétaire-adjoint du Syndicat des Forces motrices et industries électriques.

Par le même arrêté sont attachés à la Commission des distributions d'énergie électrique, pendant les années 1917 et 1918, pour remplir les fonctions ci-après désignées :

Secrétaire : MM. Le Gavrian, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées ;
Secrétaires-adjoints : MM. Le Trocquer, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées ;
Oppenheim, ingénieur ordinaire des Ponts et Chaussées ;
Gervais de Rouville, ingénieur ordinaire des Ponts et Chaussées ;
Huet (Robert), ingénieur ordinaire des Ponts et Chaussées ;
Du Castel, ingénieur ordinaire des Ponts et Chaussées ;
Defline, ingénieur en chef des Mines ;
Aron (Alexis), ingénieur ordinaire des Mines ;
Girousse, ingénieur des Télégraphes.

ERRATA DU NUMÉRO DU 17 FÉVRIER 1917

Dans l'article : « Les brevets Fleming et de Forest », par J. de Prez-Crassier, page 278, 2e colonne, lignes 22 et 23, au lieu de Lee de Forest, lire M. Pickard.

Page 280, 2e colonne, ligne 38, au lieu de électron Audion, lire Audion.

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

1re Année. — Tome I. — N° 10. — 10 Mars 1917.

Chronique. — A propos d'une innovation. — M. Daniel Berthelot. — Nécrologie : Adrien Badin. — Les conférences de la Chambre de Commerce de Grenoble, p. 361 et 362.

Section scientifique et technique. — La théorie des quanta et sa place dans l'histoire des théories physiques modernes, par Daniel Berthelot, p. 363. — Oscillations dans circuits divisés, par J.-B. Pomey, p. 365. — Sur la capacité de rupture des disjoncteurs à huile, p. 367. — Antidiffuseur radiographique Tauleigne et Mazo, p. 370. — Revues, analyses et informations : Sur la nature des collisions d'électrons avec les molécules gazeuses, p. 370; Comparaison des potentiels de décharge en courant continu et en courant alternatif, p. 371; Production des courants monophasés pour les applications industrielles, p. 373; Sur la production des étincelles musicales par courant continu, p. 374; L'action sur les yeux de la lumière ultra-violette, p. 375; La protection des circuits téléphoniques dans les distributions d'énergie électrique, p. 376; Augmentation de la portée des lignes téléphoniques par l'emploi de relais, p. 378.

Section industrielle. — L'équipement électrique des chutes d'eau pour les usages électrométallurgiques, par J. Piernet, p. 379. — Les accidents de surtension (*fin*), par J. Sarolea, p. 383. — La résistance mécanique des poteaux en bois (*fin*), par A. Delamarre, p. 389. — Revues, analyses et informations : Sous-station à courant continu 1 500 v équipée avec trois commutatrices 750 v, p. 395. — L'industrie du tungstène en Angleterre, p. 396. — Mesure des pas de vis, p. 396.

Section économique et financière. — Assemblées générales : Société Pyrénéenne d'énergie électrique, p. 397. — Établissements Paz et Silva, p. 397. — Société des établissements Maljournal et Bourron, p. 398. — Compagnie générale d'éclairage de Bordeaux, p. 398. — Omnium lyonnais de chemins de fer et tramways, p. 399. — Revues, analyses et informations : La clientèle minière du Transvaal, p. 399.

A propos d'une innovation. — Il est d'usage courant dans la presse technique américaine de publier les portraits des auteurs des articles qui y sont insérés : il en résulte entre ces auteurs et leurs lecteurs un lien d'intimité auxquels ces derniers sont très sensibles.

Cette coutume a traversé l'Atlantique et nous pouvons, assez souvent, contempler les traits des savants et des ingénieurs anglais dans les revues techniques de la Grande-Bretagne. En France le fait est beaucoup plus rare.

Le président de notre Comité de Rédaction a pensé qu'en vue de contribuer à la collaboration intime des lecteurs et de la rédaction de la « Revue générale de l'Électricité » qu'il préconisait dans son article de présentation de cette Revue, il convenait de donner à cette coutume une application plus grande que celle qu'elle a reçue jusqu'ici dans notre pays. M. Daniel Berthelot, dont nous publions plus loin un article sur « la théorie des quanta », a bien voulu se rendre à ces raisons et donner un exemple que nous espérons voir suivre non seulement par les savants et les ingénieurs dont les travaux sont publiés par la « Revue générale de l'Électricité », mais aussi par les chefs d'industrie qui, moins directement mais non moins efficacement, collaborent à sa rédaction par les renseignements qu'ils lui transmettent.

M. Daniel Berthelot. — M. Daniel Berthelot s'est occupé tour à tour de science pure et de science appliquée.

Il fut successivement préparateur-adjoint au Laboratoire de physique de la Faculté des Sciences de Paris en 1884, préparateur au cours de physique de cette

M. Daniel Berthelot.

même Faculté en 1888, assistant près la chaire de physique au Muséum d'Histoire naturelle en 1892, professeur agrégé de physique à l'École supérieure de phar-

Digitized by Google

macie en 1894, professeur titulaire à cette même école en 1903.

De 1889 à 1893, il a publié des travaux variés sur la conductibilité des électrolytes; de 1895 à 1902, il a institué une méthode optique nouvelle pour la mesure des températures en valeur absolue fondée sur le phénomène des interférences; de 1898 à 1905, au cours d'études théoriques et expérimentales sur les propriétés des fluides, il a montré comment on peut obtenir rigoureusement les poids atomiques des corps au moyen des densités limites, prises sous une pression très faible. Enfin, de 1910 à 1916, il a donné un important ensemble de recherches sur les actions physiques, chimiques et biologiques de la lumière et spécialement des rayons ultraviolets. En juin 1916, il a fait devant la Société internationale des Électriciens une magistrale communication sur « la réciprocité des phénomènes électriques et des phénomènes magnétiques », qui a donné lieu à une discussion de grande envergure non encore terminée.

M. Daniel Berthelot s'est adonné simultanément à la science appliquée. Il a participé aux travaux de la Société des Ingénieurs civils, de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale qui l'a élu comme vice-président en 1913. La Société française de Navigation aérienne, la doyenne des sociétés aéronautiques, la seule qui ait un caractère scientifique et technique, l'a choisi comme président en 1913. La Société internationale des Électriciens l'a élu vice-président en 1911 et président en 1913, et il eut à présider en cette qualité le Congrès des Électriciens anglo-français. Enfin, le Syndicat professionnel des Usines d'électricité l'a choisi comme président en 1917.

Nécrologie : Adrien Badin. — L'industrie française vient de subir une très grande perte en la personne de M. Adrien Badin, président de la Société l'Aluminium français, administrateur délégué de la Compagnie des Produits chimiques d'Alais et de la Camargue, décédé en janvier 1917, à l'âge de quarante-quatre ans.

Sorti en 1893 de l'Ecole des Mines de Saint-Etienne, il devint bientôt, après un court stage dans l'industrie verrière, professeur à l'Ecole des maîtres mineurs d'Alais.

En 1900, il entre à la Compagnie des Produits chimiques d'Alais et de la Camargue où il travaille en collaboration de M. Péchiney. Nommé rapidement sous-directeur, il prend en 1907 la direction de la Compagnie au moment de la retraite de M. Péchiney; en 1914, il est nommé administrateur délégué.

Adrien Badin était un homme d'une intelligence remarquable et un des chefs les plus actifs et les plus habiles de l'Industrie française. Comme preuve de son immense activité, il suffit de signaler que la Compagnie d'Alais qui possédait, lorsqu'il y entra, 3 usines de 1 200 ouvriers, a acquis sous sa puissante impulsion un développement tel qu'elle compte actuellement 15 usines employant 12 000 ouvriers.

Adrien Badin prit une part très active au Ier Congrès de la Houille blanche qui se tint à Grenoble en 1902, et il fut un des promoteurs de l'industrie hydro-électrique en France. Grâce à lui, la Compagnie d'Alais possède plus de 120 000 ch hydrauliques.

Ce fut également sous son énergique impulsion que l'industrie de l'aluminium acquit son immense développement actuel. Non content de multiplier ses efforts en France, Adrien Badin étendit à l'étranger le champ de son activité; il créa la Southern-Aluminium Co et installa dans la Caroline du Nord une entreprise grandiose et bien française qui devait, à l'aide de 100 000 ch hydrauliques, fabriquer 25 000 tonnes d'aluminium par an; malheureusement la guerre entrava son œuvre en Amérique. Il se retourna du côté de la Norvège, et, en pleine guerre, y installa deux fabriques d'aluminium, l'une de 25 000 et l'autre de 30 000 ch. En Italie, il créa une puissante usine dans la vallée d'Aoste, et il s'apprêtait, au moment de sa mort, à installer des fabriques d'aluminium pour le compte du gouvernement russe.

Adrien Badin contribua également au développement de l'électrochimie sous toutes ses formes.

Lorsque le gouvernement fit appel à son concours en 1914, il se donna de tout cœur, de toute âme à la création des usines de guerre; il fit sortir de terre d'immenses usines; il fabriqua du phénol, de l'acide picrique, des produits chlorés, non seulement pour la France mais pour toutes les nations de l'Entente. Nous ne pouvons donner de détails sur ces sujets, mais on sera émerveillé quand les circonstances permettront de les faire connaître.

Usé par son immense effort et un travail surhumain, Adrien Badin est mort prématurément, sur la brèche, pour la France. Il était de ceux qui, quoique loin du front, ne craignent pas de faire le sacrifice de leur vie pour le salut et la grandeur de la patrie.

Les conférences de la Chambre de Commerce de Grenoble. — Fidèle au programme qu'elle s'est tracé de contribuer par tous les moyens possibles au développement industriel de la région grenobloise, la Chambre de Commerce de Grenoble a organisé une série de conférences pratiques qui ont commencé le 5 janvier dernier par une conférence de M. Beauquis, inspecteur du travail, sur « l'essor industriel du Dauphiné avant, pendant et après la guerre » et se termineront le 25 avril par deux conférences de MM. Ch. Dumont et Anscher sur « l'industrie hôtelière et le tourisme en France et en Dauphiné ».

Parmi les sujets traités dans ces conférences qui intéressent plus particulièrement nos lecteurs, signalons les suivants :

Le rôle industriel des banques avant et après la guerre, et Les voies et moyens de transports au point de vue industriel et commercial, en Dauphiné, par M. G. Charpenay, banquier à Grenoble, membre du Comité de rédaction de la R. G. E. ;

La houille blanche, ses applications à l'électrométallurgie et à l'électrochimie en Dauphiné, par M. E. Cote, directeur de la « Houille blanche », membre du Comité de rédaction de la R. G. E. ;

La métallurgie en France et en Dauphiné, son passé, son avenir, par M. Aimé Bouchayer, ingénieur-constructeur ;

La houille blanche dans les Alpes, son rôle au double point de vue de la production et de la distribution de l'énergie électrique, par M. P. Ducrest, ingénieur hydraulicien.

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

La théorie des quanta et sa place dans l'histoire des théories physiques modernes

La théorie des quanta doit son origine à un artifice de calcul imaginé par M. Max Planck pour retrouver la loi expérimentale du rayonnement du corps noir. Cette théorie introduit un élément de discontinuité dans l'énergie radiante et, par suite, dans l'éther et se concilie difficilement avec les équations classiques du champ électromagnétique qui regardent l'éther comme un milieu continu, doué d'un nombre infini de degrés de liberté. Pour essayer de mettre d'accord ces deux groupes de théories et de formules, dont chacun a été vérifié dans son domaine par de nombreuses expériences, un Congrès de mathématiciens et de physiciens s'est réuni à Bruxelles en 1911. Il semble, à vrai dire, qu'ils ont plutôt réussi à souligner les difficultés qu'à les résoudre.

Il y a une douzaine d'années, je me trouvais un jour en compagnie d'un littérateur très connu, qui se pique d'idées générales, et d'un de nos plus fameux mathématiciens. Le premier, très préoccupé du radium, interrogea longuement le second pour savoir si le rayonnement du nouveau corps ne mettait pas en défaut le principe de Carnot ; son interlocuteur lui donna avec complaisance les explications désirées ; il se flattait même de l'avoir convaincu : les mathématiciens ont de ces candeurs. Quand il fut parti, le romancier formula, avec une satisfaction non déguisée, la seule conclusion intéressante qui se dégageât pour lui de la conversation : « C'est égal ! Le radium a donné un fameux coup de pied à la Science officielle. »

Je crains que ce jugement sommaire ne résume le genre d'impressions qu'inspire au public cultivé la vue de l'effarant steeple-chase cinématographique au cours duquel, depuis quelques années, les théories les plus variées se succèdent, se bousculent, et prétendent se remplacer sur l'écran de la Science.

La théorie des quanta est la dernière de ces nouvelles venues. Elle représente un effort très intéressant et, sur nombre de points, couronné de succès pour coordonner et approfondir les lois d'un groupe de phénomènes. Est-ce par ce côté positif qu'elle séduit ses partisans ? Nullement : c'est beaucoup plutôt parce qu'on y voit ou qu'on veut y voir « une révolution de tout le système de nos lois physiques », « l'impossibilité de représenter désormais les phénomènes par des équations différentielles » ou « le bouleversement le plus profond qu'ait subi la science depuis Newton ».

Aussi, me paraît-il utile d'indiquer d'abord cet aspect du sujet. La chose sera d'autant plus aisée que nous avons pour nous servir de guide un gros volume [1] de 462 pages in-8°, qui contient les rapports et les discussions d'un Congrès scientifique des plus curieux qui se tint à Bruxelles au mois de novembre 1911.

Ce Congrès, présidé par l'illustre professeur hollandais H.-A. Lorentz, et où Henri Poincaré fit entendre pour la dernière fois sa grande voix, se proposait d'élucider les obscurités de la théorie des quanta. La lecture des séances laisse une impression décevante. Malgré la présence de tant de spécialistes, on aboutit plutôt à mettre en lumière les difficultés qu'à les résoudre. L'auteur même de la théorie, M. Max Planck, déclarait : « La théorie actuelle du rayonnement noir ne peut en aucune manière être regardée comme satisfaisante parce que les hypothèses dont elle part se contredisent mutuellement », et H. Poincaré concluait de même : « Ce qui m'a frappé dans les discussions, c'est de voir une même théorie s'appuyer tantôt sur les principes de l'ancienne mécanique, et tantôt sur les nouvelles hypothèses qui en sont la négation. On ne doit pas oublier qu'il n'est pas de proposition qu'on ne puisse démontrer, pour peu que l'on fasse entrer dans la démonstration deux prémisses contradictoires ».

Pour faire saisir l'importance attachée à la théorie des quanta, je vais m'efforcer de la situer à sa place dans l'histoire passablement accidentée des grandes théories de l'électricité et de la mécanique depuis un siècle.

La fin du XVIII[e] siècle avait vu le triomphe de la mécanique newtonienne. Elle se résumait et se concrétisait, en quelque sorte, dans les équations classiques qui établissent les rapports entre les forces, les masses et les accélérations, et qui définissent le mouvement du point matériel. Le début du XIX[e] siècle fut enclin à modeler la mécanique moléculaire sur l'image de la mécanique céleste, et à attribuer les phénomènes physiques à des forces centrales analogues à l'attraction universelle : tout au plus essayait-on de faire varier

[1] *La Théorie du Rayonnement et les Quanta*. Rapports et discussions de la Réunion tenue à Bruxelles. Gauthier-Villars, 1912.

Digitized by Google

l'exposant de la loi newtonienne et d'introduire des attractions ou des répulsions en raison inverse du cube, de la quatrième ou de la sixième puissance des distances.

Cependant, les découvertes d'Œrstedt, d'Ampère, de Biot et Savart, de Laplace, mettaient en évidence des forces nouvelles. Ni l'attraction électrodynamique élémentaire d'Ampère, ni la force électromagnétique de Laplace ne rentrent dans le cadre des forces centrales. Si on attribue le courant électrique, comme le faisait Ampère, « au mouvement incessant des particules électrisées dans le fil », ces forces nouvelles ne dépendent plus seulement des distances des points électrisés, mais aussi de leurs vitesses. Le cadre de la mécanique s'élargissait. La systématisation algébrique de ces forces nouvelles a trouvé sa formule la plus parfaite dans l'œuvre de Maxwell. Ainsi se dressèrent côte à côte deux grands groupes d'équations : les équations du mouvement du point matériel de Newton ; les équations du champ électromagnétique de Maxwell.

Le besoin d'unité inhérent à l'esprit humain menait naturellement à se demander s'il était possible de ramener un de ces groupes à l'autre. C'est à quoi s'essayèrent notamment les grands physiciens de l'école anglaise durant tout le XIX^e^ siècle. Ni Maxwell, ni lord Kelvin ne doutèrent jamais de la rigueur des équations de Newton. Ils se proposèrent de donner une interprétation mécanique du monde électrique et magnétique. Malgré de grands efforts et de beaux résultats partiels, ils n'aboutirent qu'à un demi-succès. Lord Kelvin, qui multiplia les tentatives jusqu'à son dernier jour, déclarait mélancoliquement qu'après cinquante ans de réflexions il n'était pas plus avancé qu'au premier jour et qu'il n'arrivait pas à concevoir une structure mécanique de l'éther qui lui permît de transmettre *à la fois* les actions électriques et les actions magnétiques.

Vers la fin du XIX^e^ siècle, l'idée fut lancée d'intervertir les termes du problème. Cette idée fut accueillie avec faveur. Jusque-là, on avait pris comme point de départ la mécanique newtonienne. Il paraissait indiqué de partir des corps matériels, dont nous avons une perception directe, que nous pouvons voir et toucher, plutôt que des phénomènes électriques que nous ne connaissons qu'indirectement par leurs effets mécaniques. Une constatation bien simple semble dominer la question. L'homme a un sens de la vue et un sens du tact. Il n'a ni sens électrique, ni sens magnétique. Le monde matériel est pour lui un monde visible; le monde électrique un monde invisible.

Interpréter le premier par le second, c'est avoir recours à la méthode favorite des théologiens et « expliquer les choses visibles par les choses invisibles ». Il est douteux que ce procédé réussisse aussi bien à la physique qu'à la métaphysique. Le point de départ des nouvelles théories se trouve dans certaines idées de Hertz. Devant la difficulté de répondre aux objections et aux critiques élevées contre les démonstrations que Maxwell avait données de ses équations, Hertz proposa de renoncer à toute démonstration et de poser ces équations à titre de postulat. « La théorie de Maxwell, dit-il, ce sont les équations de Maxwell. »

Cette manière radicale de trancher le nœud gordien fut volontiers acceptée par l'école allemande. En 1900, M. Wien fit un pas de plus. Dans un mémoire publié aux Archives néerlandaises, et qu'on trouvera reproduit dans la collection réunie par la Société française de Physique sous le titre « Ions, électrons et corpuscules », il proposa de prendre comme base le second groupe d'équations (équations du champ électromagnétique) et de chercher à en déduire le premier groupe (équations de la mécanique).

Sa conception fut adoptée, non sans succès, par la théorie des électrons. On en trouvera le développement dans les articles d'une critique sûre et pénétrante que M. Brillouin consacre dans ce journal aux théories modernes de l'électricité. L'électricité possède une inertie (self-induction) qui s'oppose aussi bien à l'établissement qu'à la cessation d'un courant. Si on regarde ce courant comme dû au mouvement de centres électrisés, d'électrons, on peut dire que la self-induction s'oppose à toute modification soit de l'état de repos, soit de l'état de mouvement de la charge électrique. Elle joue donc un rôle analogue à l'inertie matérielle. La conséquence logique des idées de M. Wien était de regarder l'inertie matérielle comme d'origine électromagnétique. Beaucoup de physiciens s'y rallièrent, bien qu'à vrai dire, il n'ait jamais été donné de démonstration probante de cette identité.

Ainsi se constitua ce que l'on a appelé parfois la *nouvelle mécanique*, par opposition à la *vieille mécanique* ou mécanique newtonienne.

La nouvelle mécanique, toutefois, eut une vie encore plus courte que l'ancienne. Le développement de la théorie des électrons amena, en effet, à imaginer dans l'espace une pression antagoniste d'origine non électromagnétique, nécessaire pour équilibrer les forces électriques (pression de Poincaré). Cette constatation fut une première douche sur certains enthousiasmes.

Bientôt une difficulté plus grave encore surgit, et fit éclater entre les équations de Newton et celles de Maxwell une différence tellement profonde qu'on regarda désormais les deux groupes comme irréductibles l'un à l'autre. Elle naquit de la discussion des expériences optiques et électriques qui montrèrent l'impossibilité de déceler le mouvement d'un système par rapport à l'éther. La mécanique newtonienne professait déjà qu'on ne peut pas déceler le mouvement absolu d'un corps, mais seulement le mouvement relatif de deux corps. Ce principe de relativité se traduisait par le fait que les équations de la mécanique classique restent invariantes, soit qu'on les rapporte à un système d'axes fixes, soit qu'on les rapporte à un système d'axes entraîné d'un mouvement rectiligne et uniforme de vitesse v par rapport au premier, ce qui revient en supposant le déplacement parallèle à l'axe des x, à leur faire subir la transformation dite de Galilée.

$$x' = x - vt, \quad y' = y, \quad z' = z, \quad t' = t.$$

Digitized by Google

La mesure du temps n'est pas changée par l'état de repos ou de mouvement du système.

Si l'on interprète l'expérience de Michelson d'après les conceptions classiques de la mécanique et de la théorie des ondulations, on assimile le mouvement d'une source lumineuse dans l'éther, regardé comme le véhicule de propagation des ondes électromagnétiques, à celui d'une source sonore dans l'air. Or le mouvement relatif de la source sonore par rapport à l'air peut être mesuré, tandis que celui de la source lumineuse par rapport à l'éther n'a jamais pu être décelé. Pour traduire dans les formules cette impossibilité, Lorentz a imaginé un groupe de transformations qui se trouve conserver l'invariance des équations du champ électromagnétique, quand le système est animé d'un mouvement rectiligne et uniforme de vitesse v. En appelant c la vitesse de la lumière, on a pour un déplacement parallèle à l'axe des x :

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \quad y' = y, \quad z' = z, \quad t' = \frac{t - \frac{vx}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

D'après cette transformation, les notions d'espace et de temps ne seraient plus indépendantes. Il en résulterait que les équations de Newton et celles de Maxwell seraient inconciliables. D'où la conclusion que le point de vue de M. Wien doit être abandonné aussi bien que celui de lord Kelvin.

Si l'on veut rétablir l'unité dans la science physique, il faut sacrifier un des deux groupes d'équations à l'autre. Autrefois on n'eût pas hésité à sacrifier les équations de l'électromagnétisme à celles de la mécanique. C'est le point de vue contraire qu'a adopté la doctrine de la relativité. Sans s'arrêter à la répugnance que l'on peut éprouver à modifier radicalement la conception du temps universellement adoptée jusqu'ici, elle a pris le parti de retoucher toutes les équations de la mécanique en y introduisant le facteur de Lorentz $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$, de façon à les mettre d'accord avec le nouveau groupe de transformation. M. Einstein a poursuivi, avec une logique impeccable, toutes les conséquences de cette manière de voir.

« Quelques professeurs, remarquait ironiquement H. Poincaré, voudront sans doute faire une place aux nouvelles théories. Il est si dur de ne pas sembler assez avancé ! Avant d'enseigner aux enfants la mécanique ordinaire, on les avertira qu'elle a fait son temps et qu'elle était bonne tout au plus pour cette vieille ganache de Laplace. »

Tel était le « dernier cri » de la mode scientifique au moment où se réunit le Congrès de Bruxelles. Là, nouveau revirement. « A chaque instant, disait H. Poincaré en revenant du Congrès, on aurait pu entendre parler de la mécanique nouvelle qu'on opposait à la mécanique ancienne. Or qu'était-ce que cette mécanique nouvelle ? Etait-ce celle de Newton, celle qui régnait encore sans conteste à la fin du XIX^e^ siècle ? Non, c'était la mécanique de Lorentz, celle du principe de relativité, celle qui, il y a cinq ans à peine, paraissait le comble de la hardiesse. »

C'est qu'en effet, ce que mettait en cause la théorie des quanta, c'était la validité même des fameuses équations du champ électromagnétique de Maxwell, de ces équations que Hertz proposait d'admettre à titre de postulat, de ces équations auxquelles la théorie de la relativité sacrifiait sans hésiter toute « la vieille mécanique » et jusqu'à la notion de l'indépendance du temps et de l'espace.

Pour comprendre comment on avait pu en venir là, il est nécessaire de dire d'abord de quelles observations est née la doctrine des quanta, à quelles formules elle a conduit et quelles expériences les ont vérifiées. Ce sera, si vous voulez bien, pour la prochaine fois.

DANIEL BERTHELOT.

Oscillations dans les circuits divisés

L'auteur traite par le calcul le problème suivant : si entre deux points A et B existent n *circuits dérivés comprenant chacun une inductance et une capacité en série, on demande quelles sont les périodes propres du système ainsi constitué. On néglige la résistance ohmique, de façon à se rapprocher des conditions des circuits oscillants à faible amortissement.*

Les circuits oscillants employés dans la technique de la Télégraphie sans fil ont souvent des amortissements assez faibles, pour que, tout au moins en première approximation, il devienne permis de négliger la résistance ohmique et, dans ces conditions, bien des problèmes, qui autrefois eussent paru dénués de tout intérêt à cause de leur aspect théorique, se sont posés dans la pratique. C'est pourquoi nous pensons que les considérations ci-après peuvent ne pas être absolument inutiles.

Nous voulons envisager un réseau constitué par deux nœuds A et B réunis par n branches comprenant chacune une self-induction et une capacité embrochée. Les self-inductions et les capacités sont supposées différentes d'une branche à l'autre. Nous demandons quelles sont les périodes propres d'un système complexe ainsi constitué.

Soient V_A et V_B les potentiels des points A et B. Soient L, C, R la self-induction, la capacité, la résistance d'une branche, Q la quantité d'électricité qui charge l'arma-

Digitized by Google

ture de C située du côté de A, $I = \frac{dQ}{dt}$ l'intensité du courant dirigé de A vers B, on aura l'équation :

$$(1) \qquad V_A - V_B = L\frac{dI}{dt} + RI + \frac{Q}{C}.$$

On aura donc n équations analogues à l'équation (1). Quand il y aura lieu, nous désignerons par l'indice m les quantités relatives à la $m^{ième}$ branche.

D'autre part, il ne saurait y avoir d'accumulation d'électricité en A ou B et nous supposons que le système était primitivement à l'état neutre. Nous aurons donc l'équation de liaison :

$$(2) \qquad \Sigma Q = 0.$$

Les n équations (1) jointes à l'équation (2) permettront de déterminer $Q_1, Q_2, \ldots Q_{n-1}$ puis Q_n et $V_A - V_B$. L'élimination de Q_n et de $V_A - V_B$ donne un système de $n-1$ équations différentielles sans second membre, dont les solutions sont de la forme

$$Q_m = q_m e^{\omega t},$$

ω et les q_m étant susceptibles de prendre des valeurs imaginaires. Attachons-nous à la représentation vectorielle des quantités imaginaires et rappelons-nous que la vitesse ou l'accélération de la projection d'un mobile sur un axe fixe quelconque sont les projections de la vitesse et de l'accélération de ce même mobile sur ledit axe. Nous en conclurons que les solutions réelles de nos équations différentielles seront obtenues en projetant sur un axe fixe quelconque les solutions vectorielles que donne l'analyse. Nous ne faisons ici qu'indiquer cette règle, à la vérité peu usitée, d'après laquelle le calcul des quantités périodiques « amorties » peut se faire, lorsqu'elles ont même période et même amortissement, suivant les mêmes procédés de représentation graphique que ceux employés couramment dans l'industrie pour l'étude des courants périodiques non amortis.

En particulier, à l'époque t, les divers vecteurs représentant les quantités Q sont équipollents aux côtés successifs d'un polygone fermé ; la projection de ce contour sur un axe quelconque est nulle.

Nous aurons donc :

$$V_A - V_B = \frac{q e^{\omega t}}{\frac{1}{L\omega^2 + R\omega + \frac{1}{C}}} = \frac{e^{\omega t}\Sigma q}{\Sigma \frac{1}{L\omega^2 + R\omega + \frac{1}{C}}}.$$

Or, le numérateur de cette fraction est nul, d'après l'équation (2) ; on a donc, pour déterminer les ω l'équation

$$(3) \qquad \Sigma \frac{1}{L\omega^2 + R\omega + \frac{1}{C}} = 0.$$

Si une racine ω de cette équation est réelle, elle ne peut être positive, car autrement le premier membre serait une somme de termes tous positifs.

Si, d'autre part, la racine considérée est imaginaire, comme les coefficients sont réels, on a à envisager simultanément les deux racines conjuguées ω' et ω''. On aura donc :

$$(4) \qquad \Sigma\left(\frac{1}{L\omega'^2 + R\omega' + \frac{1}{C}} - \frac{1}{L\omega''^2 + R\omega'' + \frac{1}{C}}\right) = 0.$$

Effectuant, divisant par $\omega' - \omega''$, il reste :

$$(5) \qquad \Sigma \frac{L(\omega' + \omega'') + R}{\left(L\omega'^2 + R\omega' + \frac{1}{C}\right)\left(L\omega''^2 + R\omega'' + \frac{1}{C}\right)} = 0.$$

Or le dénominateur de la fraction sous le signe somme est le produit de deux quantités imaginaires conjuguées, il est donc positif. Il en résulte que $\omega' + \omega''$ est une quantité négative, sans quoi tous les termes de la somme seraient positifs et elle ne pourrait être nulle. Or, si on appelle α l'amortissement et T la période, on a :

$$\omega' = -\alpha + \frac{2\pi}{T}\sqrt{-1}$$

$$\omega'' = -\alpha - \frac{2\pi}{T}\sqrt{-1}.$$

Donc $\omega' + \omega'' = -2\alpha$, par suite l'amortissement α est toujours positif. A chaque couple de racines sont attachés une période T et un amortissement α correspondant.

On voit qu'un tel système ne peut donner une onde pure à moins que toutes les racines ne soient réelles, à l'exception d'un couple; encore cette onde sera-t-elle troublée par les mouvements amortis correspondant aux racines réelles.

Je passe maintenant au cas des circuits oscillants ; cela signifie que je me place dans l'hypothèse où les résistances R sont nulles ou tout au moins négligeables. Posons :

$$\omega_m = \frac{1}{\sqrt{L_m C_m}},$$

et remplaçons ω par $\omega\sqrt{-1}$, l'équation (3) devient :

$$(4)' \qquad \Sigma \frac{1}{L_m(\omega^2 - \omega_m^2)} = 0.$$

Si le nombre de termes était infini et qu'on eût, quel que fût m, $L_m = 1$, $\omega_m = m$, cette équation dégénérerait en :

$$\cot \pi\omega = 0$$

dont les racines sont :

$$\omega = \pm\frac{2k+1}{2}, \; k \text{ entier}.$$

Dans le cas d'un nombre fini de termes, la fonction qui est dans le premier membre de l'équation (4) rap-

Digitized by Google

pelle par son allure la marche de la cotangente, mais avec un nombre fini de branches. Si on considère l'équation (4) comme une équation en ω^2, les quantités ω^2_m séparent les racines, puisque la fonction considérée devient infinie en passant du négatif au positif chaque fois que la quantité variable ω^2, en croissant de o à $+\infty$, passe par une de ces valeurs critiques. Il en résulte que toutes les racines en ω^2 sont réelles et positives, et, en outre, inégales.

On peut se demander, cependant, s'il ne serait pas possible d'avoir deux racines très voisines, dans l'espoir que le système, oscillant librement, produirait des battements et que les périodes elles-mêmes étant très petites, la période des battements tombât dans l'ordre de grandeur des périodes acoustiques.

Le problème est difficile. Je me bornerai au cas le plus simple, celui de trois branches. L'équation caractéristique sera donc :

$$\frac{1}{L_1(\omega^2-\omega_1^2)}+\frac{1}{L_2(\omega^2-\omega_2^2)}+\frac{1}{L_3(\omega^2-\omega_3^2)}=0.$$

Le discriminant de cette équation qui, mise sous forme entière, est du second degré en ω^2 est :

$$\Delta=\Sigma L_2^2L_3^2(\omega_2^2-\omega_3^2)^2-2L_1L_2L_3\Sigma L_2(\omega_1^2-\omega_2^2)(\omega_2^2-\omega_3^2).$$

Ce discriminant est une forme homogène du second degré des quantités L_1L_2, L_2L_3, L_3L_1 et ses facteurs sont de la forme :

$$\sqrt{L_2L_3(\omega_2^2-\omega_3^2)}+\sqrt{L_3L_1(\omega_3^2-\omega_1^2)}+\sqrt{L_1L_2(\omega_1^2-\omega_2^2)}.$$

On peut toujours supposer ω_1, ω_2, ω_3 rangés dans l'ordre suivant :

$$\omega_2^2>\omega_3^2>\omega_1^2.$$

Alors les deux premiers termes sont réels, mais le troisième est purement imaginaire. En groupant les facteurs convenablement, Δ sera donc une quantité essentiellement positive, ce qui confirme la réalité des racines en ω^2. En particulier, on pourra écrire ;

$$\Delta=\left[L_1(L_3+L_2)\left(\frac{L_3\omega_3^2+L_2\omega_2^2}{L_3+L_2}-\omega_1^2\right)-\right.$$

$$(5)\quad \left.L_2L_3(\omega_2^2-\omega_3^2)\right]^2+4L_1L_2^2L_3(\omega_2^2-\omega_1^2)(\omega_2^2-\omega_3^2).$$

Pour que l'équation en ω^2 ait ses deux racines voisines, il faut que le discriminant ait une valeur très petite ; supposons les selfs-inductions données : pour que l'expression (5) soit très petite, comme elle est la somme de deux termes positifs, il faut que chacun de ces termes soit lui-même très petit. Pour que le second soit petit, il faudra, par exemple, que ω_2^2 soit voisin de ω_3^2. Dès lors, pour que le premier terme soit petit, il faut que

$$\frac{L_3\omega_3^2+L_2\omega_2^2}{L_3+L_2}-\omega_1^2$$

soit petit; or, comme le premier terme (L_2 et L_3 étant des quantités positives) est intermédiaire entre ω_2^2 et ω_3^2, il faut que ω_1^2 soit lui-même très voisin de ω_2^2 et de ω_3^2. Une pareille solution exigerait évidemment une étude plus approfondie, car alors les trois branches se distingueront surtout par leurs résistances, que nous avons négligées.

Supposons que les selfs-inductions ne soient pas imposées. Alors on pourra rendre Δ très petit en prenant ω_3^2 voisin de ω_2^2 et L_1 voisin de zéro. Les deux racines en ω^2 se rapprocheraient alors de la demi-somme des racines

$$\frac{\Sigma L_2L_3(\omega_2^2+\omega_3^2)}{2\Sigma L_2L_3},$$

elle-même alors très voisine de $\frac{\omega_2^2+\omega^2{}_3}{2}$.

J.-B. POMEY,
Ingénieur en chef des Télégraphes

Sur la capacité de rupture des disjoncteurs à huile

On s'est proposé ici, sans entrer dans la technique de la construction des disjoncteurs, de discuter le mode de définition de la capacité de rupture qu'il faut leur attribuer, autrement dit, de leur timbrage. Cette capacité de rupture étant en rapport avec l'endurance qu'on exige de l'appareil, on indique celle qu'il est raisonnable d'en attendre.

Les garanties données par les constructeurs de disjoncteurs ou interrupteurs à huile devraient permettre aux exploitants de déterminer l'adaptation de ces appareils aux conditions de service qu'ils auront à supporter. On devrait, dans cette garantie, déclarer avec précision ce que l'interrupteur peut faire et s'abstenir de toute hypothèse sur la réactance en circuit, les caractéristiques des génératrices, l'emploi des relais, etc.

Il y a, d'ailleurs, un désaccord qu'il serait désirable de voir disparaître sur ce qu'on doit attendre d'un disjoncteur. Tel exploitant demande que l'appareil coupe les plus violents courts-circuits sans donner le moindre signe de détresse. Tel autre se contentera de voir le disjoncteur protéger ses machines, même au prix de sa destruction. Tel autre enfin demandera que le disjoncteur puisse couper deux ou trois fois sans avoir besoin d'être visité ni réparé. Ce qu'il nous paraît raisonnable d'exiger, c'est qu'un disjoncteur, après avoir coupé un court-circuit, puisse être immédiatement remis en service sans qu'il soit besoin de visite, réglage ou répara-

Digitized by Google

tion, étant entendu qu'il sera visité à la première occasion.

Il est surtout indispensable de s'entendre sur la « capacité de rupture » des disjoncteurs. C'est le sujet de deux communications faites récemment à l'American Institute of Electrical Engineers (1), d'où nous extrayons les renseignements suivants.

Les constructeurs américains admettent que le disjoncteur est relié directement aux barres et peut avoir à couper tout le courant débité par celles-ci au cas où un court-circuit d'impédance négligeable se produit juste au delà du disjoncteur. Dans la plupart des cas, c'est la réactance du circuit plutôt que sa résistance qui limite l'afflux de courant à l'instant d'un court-circuit; aussi considère-t-on plutôt la première grandeur que la seconde dans les calculs d'intensité de court-circuit. Pour les réseaux de câbles et les lignes de transmission à haute tension, il faut considérer la capacitance. Tous les alternateurs et toutes les machines synchrones reliées aux barres débiteront dans le court-circuit tout le courant qu'ils peuvent fournir dans ces conditions, ce courant, en général, n'étant limité que par la réactance propre des machines et la réactance extérieure qui peut exister entre ces machines et le point où s'est produit le court-circuit. Cette méthode de timbrage des disjoncteurs oblige à tenir compte des caractéristiques de court-circuit instantané et prolongé des machines, des diverses réactances en circuit, de la rapidité d'action des disjoncteurs, etc.

Qu'un disjoncteur soit destiné à un service automatique ou non automatique, il ne peut couper qu'un arc de puissance assez bien définie. Pour un service non automatique, la puissance génératrice pouvant fournir cet arc est déterminée par les caractéristiques de court-circuit prolongé des alternateurs et autres machines synchrones. Pour un service automatique, cette même puissance pourrait être fournie par une installation génératrice plus faible, le courant de court-circuit instantané étant presque toujours plus fort que le courant de court-circuit prolongé.

Afin de tenir compte de certaines de ces variables dues aux caractéristiques des machines, un constructeur américain divise les timbrages de ses disjoncteurs à huile, pour service automatique et non automatique, en deux classes A et B, la seconde concernant les réseaux où une ou plusieurs génératrices sont du type à turbine avec des réactances de moins de 8 pour 100 (2), et la première s'appliquant à tous les autres réseaux.

Un autre constructeur américain explique son mode de timbrage en attribuant normalement aux alternateurs et autres machines synchrones une réactance moyenne de 8 pour 100, en admettant un courant de court-circuit instantané égal à 12,5 fois le courant normal et tombant à la moitié de cette valeur, ou 6,25 fois le courant normal, au moment où le disjoncteur s'ouvre et un courant de court-circuit prolongé égal au quart de la première valeur, ou à trois fois le courant normal. D'après cela, un disjoncteur timbré à 10 000 kv-a de capacité de rupture pourrait couper 62 500 kv-a au court-circuit. Pour un service non automatique, les machines fournissant par hypothèse trois fois le courant normal, ce même disjoncteur pourrait donc être employé sur un réseau de 20 000 kv-a, c'est-à-dire qu'il aurait un timbrage de 20 000 kv-a en service ~~non~~ automatique.

Dans les réseaux de grande puissance génératrice, où l'on emploie des limiteurs d'intensité par réactance, ou dans lesquels la réactance des transformateurs et des lignes peut limiter le courant de court-circuit à une intensité moindre que celle que peut fournir le réseau d'une manière continue, on constate que les disjoncteurs pourvus de relais à action différée, ou ceux qu'on emploie pour service non automatique, subissent des conditions de rupture aussi dures que celles du service automatique.

Ces méthodes de timbrage ne tiennent pas compte de certains caractères qui sont essentiels pour déterminer l'adaptation des disjoncteurs à un service déterminé. La rapidité d'amortissement du courant de court-circuit d'un alternateur varie selon sa construction; il peut passer de la pointe initiale à l'intensité du court-circuit permanent en un temps variant de 0,2 à 0,8 sec. L'onde initiale peut être 20 fois plus grande que l'onde normale et l'intensité en court-circuit permanent peut valoir seulement 1,4 fois l'intensité normale.

En raison de l'inertie, il est impossible à un disjoncteur de sauter instantanément, aucun disjoncteur n'a donc jamais à couper l'intensité de court-circuit qui se réalise pendant les quelques premières périodes, mais il doit être assez robuste mécaniquement pour résister aux efforts magnétiques mis en jeu par cette intensité. Si le mécanisme est actionné par les transformateurs de courant, on peut faire ouvrir des disjoncteurs puissants en 0,2 sec. Avec les relais ordinaires à bobine de déclanchement en dérivation, le retard à l'ouverture est de 0,3 à 0,5 sec, tandis qu'avec les relais à temps, on peut retarder la coupure d'un temps fixe, ou d'un temps qui varie inversement à la charge. Avec un disjoncteur non automatique, le retard à l'ouverture est à la discrétion de l'opérateur. Comme la plupart des alternateurs atteignent la condition du court-circuit permanent en 0,8 sec au plus, on voit qu'un retard fixe de deux secondes ou même moins, obtenu par un relais, équivaut au service non automatique en ce qui concerne les conditions de rupture.

Pour l'ingénieur, la meilleure façon de timbrer un disjoncteur est de se baser sur l'intensité qui est réellement coupée dans l'arc, sous la tension qui s'établit

(1) Stephen Q. Hayes; E.-M. Hewlett. Communications présentées à l'American Institute of Electrical Engineers, le 8 décembre 1916. *Proceedings of the A. I. E. E.*, décembre 1916, t. xxxv, p. 1621-1626 et 1641-1643.

(2) Ce taux pour 100 désigne le rapport de la chute de tension par réactance intérieure dans la machine à la tension à ses bornes. (N. d. T.)

Digitized by Google

aussitôt après l'ouverture du disjoncteur. Ce n'est pas toujours la même chose que de le timbrer d'après l'intensité maxima qu'il peut couper, sous la tension normale du réseau, ce qui est la règle édictée par l'American Institute. Les violents courts-circuits sont, en effet, souvent accompagnés de baisses de tension, et, après leur coupure, la tension s'élève parfois au-dessus de la normale. Ainsi un disjoncteur donné pourrait couper, par exemple, 10 000 A si la tension aussitôt après le court-circuit revenait seulement à sa valeur normale, et serait peut-être en défaut si la tension à circuit ouvert s'élevait beaucoup au-dessus de la normale.

Il est logique d'adopter, pour les kilovolt-ampères de timbrage, les valeurs efficaces des ampères et des volts, puisqu'elles servent de base aux mesures de puissance. De cette façon, un disjoncteur pouvant couper un maximum instantané de 10 000 A sous un maximum instantané de 10 000 V, sera timbré à 7 100 A et 7 100 V, ou 50 000 KV-A.

Dans le cas d'une onde dissymétrique, l'expérience paraît montrer que la coupure n'est pas plus difficile que dans le cas d'une onde symétrique. Une onde d'intensité s'étendant d'un maximum positif de 10 000 A à un maximum négatif de 2 000 peut être coupée sans plus de difficulté qu'une onde comprise entre un maximum positif de 6 000 et un maximum négatif de 6 000. Cela peut être dû à ce que, dans l'onde dissymétrique où le maximum négatif est faible, l'arc met plus de temps à se rétablir. De plus, au moment où le disjoncteur coupe le circuit, la dissymétrie est bien moindre que pendant les quelques premières périodes.

Il est extrêmement difficile pour un ingénieur de déterminer d'avance quelle pourra être l'intensité d'un court-circuit en un point donné d'un réseau, mais, pour le constructeur, il est plus simple et préférable de donner une garantie précise du service que peut effectuer son disjoncteur, laissant à l'ingénieur projeteur ou exploitant le soin de décider si un tel disjoncteur pourra affronter les courts-circuits susceptibles de se produire en un point donné. Quand on aura comme base un timbrage déterminé en kilovolt-ampères, on pourra essayer les disjoncteurs de capacité moyenne ou faible pour voir s'ils satisfont à leurs garanties.

Le timbrage en kilovolt-ampères indiqué ci-dessus est la puissance apparente que le disjoncteur devrait être garanti pouvoir ouvrir, en restant prêt à servir de nouveau immédiatement, sans qu'il soit besoin de remplacer l'huile ou de régler les contacts. Il serait bon de fixer le timbrage à une valeur telle qu'on puisse garantir la coupure de cette puissance apparente au moins deux fois, l'appareil étant immédiatement renclenchable et en état de couper la même intensité une troisième fois.

Dans la traction par courant alternatif et dans des installations analogues où des courts-circuits répétés sont susceptibles de se produire, le disjoncteur devrait pouvoir couper ce court-circuit au moins dix fois en l'espace d'une heure — les intervalles entre courts-circuits n'étant pas inférieurs à deux minutes — pour que les gaz formés puissent être évacués de l'appareil avant le court-circuit suivant.

La plupart des circuits de force motrice étant triphasés, les capacités de rupture attribuées aux disjoncteurs de ces circuits doivent s'entendre pour appareils tripolaires. Le timbrage correspondant pour les disjoncteurs bipolaires d'un circuit monophasé est 70 à 75 pour 100, et pour les disjoncteurs tétrapolaires d'un circuit diphasé 140 à 150 pour 100 du timbrage d'un disjoncteur triphasé.

S'il s'agit de disjoncteurs devant être reliés à des barres alimentées par les génératrices de groupes moteurs-génératrices, il n'y a pas à tenir compte de la puissance du réseau qui fournit l'énergie à ces groupes. Dans ce cas, c'est la somme des puissances nominales des génératrices des groupes qui doit être inférieure à la limite attribuée aux disjoncteurs.

Les timbrages en kilovolt-ampères, ordinairement attribués aux disjoncteurs, sont basés sur la tension nominale indiquée par le catalogue pour ces appareils, et si la tension d'exploitation diffère de celle du catalogue, le timbrage en kilovolt-ampères sera ordinairement modifié du même taux pour 100, c'est-à-dire qu'une augmentation ou une diminution de tension de 20 pour 100 diminuera ou augmentera d'autant le timbrage en kilovolt-ampères.

Voici un exemple typique : un certaine disjoncteur de puissance moyenne, construit pour une tension de service de 22 000 V, a, d'après son constructeur, une capacité de rupture de 10 000 KV-A à 22 000 V, de 12 000 KV-A à 16 500 V, de 13 000 KV-A à 13 200 V, de 17 000 KV-A à 7 500 V et de 19 000 KV-A à 4 500 V ou moins.

On sait que les occasions d'essayer la capacité réelle de rupture des plus grands interrupteurs et disjoncteurs à huile sont à peu près nulles, et que les capacités qu'on leur attribue sont des évaluations basées sur l'essai jusqu'à destruction des unités plus faibles et sur le calcul de l'augmentation de capacité de rupture qu'on peut obtenir par un plus grand volume d'huile, une hauteur d'huile plus grande, une augmentation de la résistance des bacs et du volume de la chambre d'expansion.

P. L.

Digitized by Google

Antidiffuseur radiographique Tauleigne et Mazo

Cet appareil, que la « Revue générale de l'Électricité » a déjà signalé dans son numéro du 24 février p. 286, dans le compte rendu de la dernière séance de la Société française de Physique, a pour but, ainsi qu'il a été dit, d'éliminer les rayons secondaires auxquels donne naissance le corps radiographié et qui, le plus souvent, empêchent d'avoir des clichés nets des régions épaisses du corps humain telles que le bassin et ses articulations.

La figure ci-jointe donne une vue de l'appareil lequel, rappelons-le, se compose d'un cadre rectangulaire con-

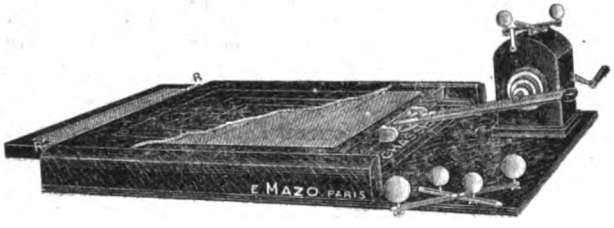


Fig. 1.

tenant des lames métalliques et d'un mouvement d'horlogerie qui produit le déplacement du cadre au-dessus de la plaque photographique qu'il s'agit d'impressionner. Les lames métalliques sont sensiblement parallèles avec, toutefois, une légère inclinaison telle que leurs plans viennent, quand le cadre est dans sa position moyenne, passer par le focus du tube radiogène ; les rayons X de celui-ci peuvent ainsi passer entre les lames, tandis que les rayons secondaires émis par le corps à radiographier, situé entre l'ampoule et l'appareil, sont interceptés par les lames. Celles-ci ne laissent d'ailleurs aucune trace sur le cliché par suite de leur déplacement dont la vitesse est réglée suivant la durée de la pose.

La technique opératoire suivie pour l'obtention des clichés radiographiques n'est en rien modifiée par l'emploi de l'appareil, il suffit seulement d'augmenter le temps de pose d'une certaine quantité pour tenir compte de ce que le passage des lames métalliques sur le cliché arrête, pendant un temps qu'il est facile de déterminer suivant l'épaisseur des lames et la vitesse de leur déplacement, les rayons directs émis par l'ampoule.

M. Mazo a fait avec cet appareil de nombreux essais qui prouvent que, conformément aux prévisions, il procure une augmentation très appréciable de la netteté des radiographies des régions épaisses du corps humain. Ces résultats, obtenus avec les modestes ressources d'une installation de voiture radiologique des armées, montrent qu'en bien des cas l'antidiffuseur permettrait d'obtenir sur le front des clichés impeccables donnant au diagnostic toute la certitude désirable.

Revues, analyses et informations

Sur la nature des collisions d'électrons avec les molécules gazeuses [1].

Une étude des collisions entre les électrons et les molécules gazeuses peut fournir des renseignements sur la structure moléculaire et la structure atomique, puisque les phénomènes qui accompagnent ces collisions dépendent de la distribution des charges électriques dans la molécule et du champ électromagnétique résultant. On suppose généralement, pour la théorie de l'ionisation par choc, les molécules gazeuses sphériques et impénétrables. Si l'on désigne par r le rayon d'une de ces sphères hypothétiques (molécules), par n le nombre de molécules par unité de volume, $\gamma = \pi r^2 n$ donne le nombre moyen de collisions d'un électron pour un déplacement d'un centimètre dans le gaz ; en prenant pour r la valeur du rayon moléculaire calculée d'après le coefficient de viscosité, on obtient les valeurs de γ rapportées dans la première colonne du Tableau I.

Si l'on calcule γ à partir du libre parcours moyen d'une molécule gazeuse L, en tenant compte de la relation établie par Maxwell, que le libre parcours moyen d'une très petite particule se déplaçant avec une vitesse relativement élevée parmi des molécules gazeuses est $4\sqrt{2}\,L$, on obtient les valeurs indiquées dans la deuxième colonne. Les valeurs de γ résultant des théories de l'ionisation proposées par Townsend, par Bergen Davis et par Compton sont repro-

Tableau I.

Gaz	$\pi r^2 n$	$\frac{1}{4\sqrt{2}\,L}$	Townsend	Davis	Compton
N^2	34,5	24,7	12,4	17,6	22,5
CO^2	49,5	36,9	20,0	23,2	30,0
H^2O	47,0	32,1	12,9	15,9	21,7
HCl	46,0	33,8	22,2	26,8	33,3
He	13,5	8,3			10,0

duites dans les trois dernières colonnes. En réalité, on a indiqué les valeurs du nombre de chocs pour une pression de 1 mm, nombre qu'on désignera dans la suite par N. Sous une pression p le nombre de chocs sera $\gamma = pN$.

Dispositif expérimental. — La source d'électrons est un petit ruban de platine F, recouvert en son milieu d'une

[1] K.-T. Compton et J.-M. Benade. *Physical Review*, novembre 1916, t. VIII, 2e série, p. 449-464.

Digitized by Google

mince couche de chaux. Ces électrons sont entraînés, par un champ accélérateur de U volts, vers un plateau horizontal B, percé en son centre d'une ouverture de 1 mm de diamètre qui donne passage à un étroit pinceau d'électrons. Au-dessus du plateau B, les électrons sont soumis à un champ de sens inverse V, inférieur à U, en sorte qu'ils peuvent atteindre un plateau A, parallèle à B et situé au-dessus, à moins qu'ils ne rencontrent une molécule gazeuse dans l'espace intermédiaire. Dans ce cas, par suite du choc, leur quantité de mouvement dirigée vers le haut s'annule et le champ V les ramène vers le plateau B. D'après la théorie cinétique ordinaire, le nombre n des électrons qui atteignent le plateau supérieur A est lié au nombre n_0 des électrons passant au travers de l'ouverture percée dans B par la relation

$$n = n_0 e^{-pNd}, \qquad (1)$$

où d désigne la distance entre les plateaux et $\gamma = pN$, le nombre moyen de collisions que subit chaque électron sur un trajet d'un centimètre. De ces mesures on peut tirer la valeur N que prend le nombre γ pour une pression d'un millimètre. Pratiquement, il est plus commode d'utiliser la relation équivalente

$$\frac{n_1}{n_2} = e^{-pN(d_1-d_2)}, \qquad (2)$$

n_1 et n_2 désignant le nombre des électrons qui atteignent A pour des distances d_1 et d_2.

Résultats préliminaires. — Un grand nombre de déterminations de N, faites sous des pressions variables et pour des champs accélérateurs et retardateurs différents, ont fourni des valeurs de N comprises entre 39,5 et 10,3, dont la moyenne est 18,7. Les nombres obtenus sont du même ordre de grandeur que ceux rapportés dans le Tableau I, mais la valeur moyenne n'a pas grande signification, puisqu'elle dépend des conditions expérimentales sous lesquelles ont été faites la majorité des observations. La grande variation de ces nombres n'est pas imputable à des erreurs expérimentales, les mesures individuelles pouvant être exactement reproduites.

Par des séries de déterminations dans lesquelles on a fait varier une seule des conditions expérimentales, l'auteur a trouvé : 1° que la valeur de N calculée par l'équation (2) croît et s'approche d'une valeur constante à mesure qu'on augmente la distance entre les plateaux ; 2° cette valeur constante est approchée plus rapidement pour des pressions élevées que pour des pressions faibles ; 3° cette valeur limite de N est fonction de la différence $U - V$ entre les potentiels accélérateurs et retardateurs, N augmentant lorsque $U - V$ décroît.

Ces résultats semblent indiquer, d'après l'auteur, qu'il faut rejeter le concept trop simple de la collision, sur lequel il s'était appuyé jusqu'ici et qui supposait que N est une constante. On ne peut donc pas considérer une molécule d'azote, par exemple, comme une région définie, arrêtant les électrons qui la frappent et permettant à ceux qui ne la rencontrent pas de passer librement. Il devient alors nécessaire de modifier les équations (1) et (2) de manière à leur faire exprimer qu'un électron peut rencontrer une molécule et cependant atteindre le plateau A.

Formule modifiée. — La modification repose sur l'hypothèse suivante : l'auteur suppose la molécule disposée à l'intérieur d'une région sphérique d'un rayon r tel qu'aucun électron passant à l'extérieur de cette sphère ne subit une diminution de vitesse suffisante pour l'empêcher d'atteindre le plateau supérieur A, tandis que les électrons qui traversent cette sphère peuvent, ou non, être arrêtés, suivant l'orientation de la molécule ou de quelqu'une de ses parties. Le nombre moyen de collisions d'un électron par centimètre de parcours, dans un gaz sous la pression p, est $\gamma = pN = \pi r^2 n$ (r désignant le rayon de cette sphère d'activité). En représentant par M la probabilité qu'a un électron, en dépit de la collision, de conserver une vitesse suffisante pour atteindre le plateau A, l'auteur établit que le nombre n des électrons qui atteignent ce plateau est donné par la formule :

$$n = n_0 e^{-pNd + (M/L)(1 - e^{-pNLd})}.$$

Quand le produit pd est relativement grand, la variation de n en fonction de d, prévue par ces équations, devient pratiquement identique avec celle qu'indique l'équation (1). Les courbes obtenues expérimentalement pour représenter les variations de n en fonction de d sont d'accord avec l'équation (3), à condition de prendre pour M, L et N des valeurs convenables. Pratiquement, on peut obtenir la valeur de N en considérant les portions de ces courbes, sensiblement rectilignes, qui se rapportent aux grandes valeurs de d et auxquelles on peut appliquer simplement l'équation (1).

Cette méthode simple pour le calcul de N a permis de déterminer la loi de variation de N en fonction de U-V. Cette loi est assez bien exprimée par l'équation

$$U - V = \frac{1}{N^s},$$

s étant voisin de 5. En tenant compte de la relation $\gamma = pN = \pi r^2 n$ (n désigne ici la nombre de molécules gazeuses par centimètre cube), on voit que U-V varie en raison inverse de la 10e puissance de r.

Du fait qu'un électron n'est pas toujours arrêté lorsqu'il vient frapper l'enveloppe sphérique que l'on désigne parfois sous le nom de molécule, on peut conclure, pense l'auteur, que la molécule, ou tout au moins son champ de force, ne possède pas la symétrie radiale.

L'auteur établit également : 1° que l'énergie perdue par un électron, qui rencontre une molécule ou la traverse, est fonction de la plus courte distance entre les deux trajectoires et, dans le cas de l'azote, varie en raison inverse de la 10e puissance de cette distance ; 2° que cette perte d'énergie doit être maximum dans le cas de molécules lourdes complexes, moindre dans le cas de molécules légères simples et très faible dans le cas de molécules monoatomiques.

Comparaison des potentiels de décharge en courant continu et en courant alternatif (1).

Jusqu'à ces dernières années les mesures de potentiel de décharge avaient été surtout faites en courant continu, la source de potentiel étant habituellement une machine de Holz ou de Wimshurst. A la suite du développement pris par les décharges oscillantes de haute fréquence, par exemple en T. S. F. et par les courants alternatif à haute

(1) J.-C. Jensen. *Physical Review*, novembre 1916, t. VIII, 2e série p. 433-448.

Digitized by Google

tension dans les transmissions d'énergie, de nombreuses recherches ont été consacrées à la question des potentiels de décharge en courant alternatif. Mais il est difficile de tirer de ces travaux une comparaison précise entre les résultats fournis par le courant alternatif et par le courant continu, les mesures à comparer ayant été faites sous des conditions variables par des méthodes diverses et des observateurs différents. L'auteur s'est proposé de mesurer les potentiels de décharge, d'abord en courant continu, puis en courant alternatif sous des conditions identiques (mêmes électrodes, même distance d'étincelle, même température, même gaz sous la même pression).

Le potentiel continu est fourni par quatre générateurs de 1 000 v reliés en série, et le potentiel alternatif, par un transformateur à noyau ouvert excité par un courant de 60 périodes et 220 v. Le potentiel alternatif peut être modifié par un rhéostat disposé dans le primaire du transformateur; le potentiel direct par un rhéostat mis dans le circuit d'excitation des inducteurs.

Pour la plupart des expériences, on utilise comme éclateurs de petites sphères d'aluminium et de cuivre de 1 cm de rayon disposées dans un tube. Les sphères peuvent être enlevées aisément et repolies après chaque série d'observations. La distance entre les deux sphères peut être réglée au moyen d'une vis micrométrique. L'ionisation initiale nécessaire à l'étincelle est produite par une lampe à arc dont les rayons ultra-violets sont concentrés sur une des électrodes par une lentille en quartz, à travers une ouverture fermée par une lame de quartz.

On a utilisé également comme électrodes de petits disques plans de 2 cm de diamètre. Le tube contenant l'éclateur peut être rempli d'air, d'azote, d'hydrogène ou de gaz carbonique ; ces gaz sont soigneusement préparés et desséchés.

Pour effectuer une série de mesures, on diminue lentement la distance des éclateurs, en potentiel alternatif, jusqu'à ce qu'une étincelle apparaisse; la distance adoptée est la moyenne de 5 mesures et on observe en même temps le potentiel correspondant. Immédiatement après, on mesure le potentiel en courant continu, en augmentant ce potentiel jusqu'à ce que l'étincelle jaillisse. Voici par exemple les valeurs obtenues avec de petites sphères de cuivre de 1 cm de rayon dans l'hydrogène, sous une pression de 30 cm.

	Potentiels.	
Longueurs d'étincelle.	continus	alternatifs (max.)
—	—	—
3,175 mm	2 915	3 325
2,807	2 672	3 070
2,413	2 382	2 754
1,965	2 060	2 363
1,575	1 858	2 078
1,258	1 596	1 763
0,827	1 245	1 464
0,573	1 046	1 133
0,332	769	891
0,116	538	661

Pour une même distance, l'amplitude du potentiel alternatif est légèrement supérieure à la valeur du potentiel continu.

Depuis les recherches de Warburg (1) on a généralement admis, dans le cas des potentiels continus, que le rôle principal de l'illumination de l'éclateur par la lumière ultra-violette, les rayons X, ou les rayons cathodiques est de diminuer le retard à l'étincelle, mais que la valeur du potentiel de décharge n'est que très peu affectée. Les résultats obtenus par les divers savants qui ont opéré sur des potentiels alternatifs sont loin d'être concordants. L'auteur a constaté, dans le travail que nous analysons, qu'on n'obtient pas de résultats concordants dans un gaz desséché, si on n'illumine pas les électrodes, (les potentiels, obtenus dans diverses séries de mesures, varient de 20 pour 100). Il a observé ensuite, qu'après qu'une décharge s'est produite dans l'obscurité, une autre décharge peut être réalisée immédiatement après avec un potentiel inférieur, mais que cet abaissement du potentiel disparaît si l'intervalle de temps qui sépare les deux étincelles est trop long. Il a constaté également que, l'arc ne fonctionnant pas, un potentiel déterminé peut être appliqué pendant 5 min ou même davantage sans produire d'étincelle, mais que l'étincelle apparaît sous l'action des rayons ultra-violets. La régularité obtenue dans la décharge par l'emploi du rayonnement ultra-violet est comparable à celle que fournit 1 mgr de Ra Br disposé dans le tube. L'explication de Warburg, en ce qui concerne l'influence d'une cause d'ionisation, semble donc valable pour les potentiels alternatifs aussi bien que pour les potentiels directs.

Les courbes, qui ont été tracées pour représenter la variation du potentiel de décharge en fonction de la longueur d'étincelle, montrent toutes un accroissement du gradient du potentiel à mesure que diminue la longueur de l'étincelle. Différentes explications de cette particularité ont été proposées ; l'auteur les discute rapidement.

Comme on l'a indiqué ci-dessus, tous les graphiques obtenus montrent que le potentiel alternatif maximum nécessaire pour obtenir l'étincelle est plus élevé que le potentiel continu et que les différences relatives sont les mêmes pour tous les gaz étudiés et ne dépendent pas de la substance de l'électrode. Connaissant les valeurs du potentiel alternatif maximum et du potentiel continu qui déterminent l'étincelle pour une distance donnée des éclateurs, on peut, d'après la forme de l'onde du courant alternatif, calculer l'intervalle de temps pendant lequel le potentiel alternatif demeure supérieur au potentiel continu avant que l'étincelle se produise. Cet intervalle est de l'ordre de 0,0024 seconde. Il est pratiquement le même quels que soient le gaz, les électrodes et la pression.

Dans un travail récent sur un sujet analogue, Merkel (1) a signalé l'existence de quelques anomalies, d'où il résulte que, pour une distance donnée des éclateurs, le potentiel de décharge diminue lorsque l'intensité du courant augmente. Ce résultat n'est pas confirmé par l'auteur qui trouve que, pour un potentiel donné, la longueur d'étincelle demeure pratiquement constante lorsque la densité du courant varie dans le rapport de 1 à 4, le gaz, les électrodes et la pression restant les mêmes. Voici, par exemple, deux couples de résultats obtenus dans l'air, à la pression de 73,5 cm, pour des sphères d'aluminium de 1 cm de rayon, sous un potentiel alternatif dont l'amplitude est 6 810 v.

Longueur de l'étincelle.	Courant.
—	—
1,390 mm	0,0275
1,410	0,1030
1,340	0,0424
1,365	0,0280

(1) *Wied. Ann.* t. LIX, p. 1 et t. LXII, p. 385.

(1) *Ann. der Physik*, 5e série. t, LXIII, p. 725.

Digitized by Google

Production des courants monophasés pour les applications industrielles (1).

Normalement, les stations d'énergie fournissent des courants polyphasés plus faciles à produire et permettant une meilleure utilisation du matériel que le monophasé.

D'autre part, ce dernier est souvent nécessaire pour certaines applications (traction, métallurgie, etc.). Le courant monophasé peut être obtenu par les procédés suivants :

1° Production et distribution séparée pour le monophasé et les polyphasés.

Ce procédé est coûteux et incommode, les génératrices monophasées étant encombrantes et mal utilisées.

2° Production sous forme polyphasée et utilisation par distributions monophasées entre phases. Solution généralement adoptée pour l'éclairage et les petits moteurs. Elle suppose le maintien d'une seule fréquence.

3° Production primaire polyphasée et production secondaire monophasée par moteur-générateur. Cette méthode permet : une entière indépendance entre la production et l'utilisation ; les changements de fréquence (le triphasé étant généralement en Amérique produit à 60 p : sec, le monophasé à 25 p : sec), l'amélioration du facteur de puissance général par l'emploi de moteurs synchrones ; son défaut est le prix élevé des moteurs générateurs.

4° Production et distribution simultanées de courants polyphasés et monophasés combinées avec méthode de correction pour empêcher le déséquilibrage. Cette correction se fait au moyen de convertisseurs de phase qui assurent l'équilibre du système même dans le cas d'une forte consommation monophasée.

Convertisseurs de phase. — Le convertisseur de phase le plus connu comporte une self-induction et une capacité qui, pendant une partie du cycle, emmagasinent l'énergie qu'elles restituent ensuite. Cette méthode est excellente pour les hautes fréquences, mais non pour les fréquences industrielles. Avec ces dernières, on emploie un convertisseur rotatif qui peut être considéré de plusieurs façons différentes :

1° Convertisseur de phase considéré comme moteur-générateur.

Le convertisseur est établi comme un moteur diphasé (4 fils), soit moteur d'induction, soit moteur synchrone avec cage d'écureuil. Une phase est motrice, l'autre génératrice. Le flux d'énergie entrant est égal au flux sortant, ce dernier étant décalé d'un quart de période.

La cage d'écureuil sert de milieu pour le transport d'énergie et la masse du rotor assure l'accumulation de l'énergie. Il existe divers moyens pour assurer le flux d'énergie. En gros, on peut dire que ces moyens doivent avoir pour objet d'assurer le passage des courants dans les enroulements, ce qui se fait en leur appliquant des forces électromotrices, grâce à une génératrice auxiliaire, un transformateur ou un régulateur d'induction. Pour utiliser l'appareil, on le monte de préférence en dérivation sur la ligne ; son rôle est alors de transporter de l'énergie d'une phase sur l'autre de manière à neutraliser le déséquilibrage.

On peut aussi monter le circuit monophasé en série avec une des phases du convertisseur.

2° Convertisseur de phase considéré comme génératrice polyphasée.

Le courant monophasé peut être considéré comme décomposé en deux systèmes de courants polyphasés opposés. L'un des deux est en phase avec la génératrice polyphasée et constitue sa charge réelle. L'autre cause les déséquilibres de tension, l'échauffement des moteurs et des génératrices Le rôle du convertisseur de phase est de neutraliser la composante de la charge monophasée, en fournissant à la machine qui alimente le système, un ensemble de courants polyphasés égal et opposé aux composantes du monophasé à neutraliser. Ces courants sont réglés par un système convenable de rhéostats qui peuvent être automatiques.

Utilisation des convertisseurs de phase. — On emploie les dispositifs suivants schématisés dans les figures 1 à 5 :

A) Génératrices polyphasées normales et convertisseurs de phase pour corriger la charge déséquilibrée. On peut

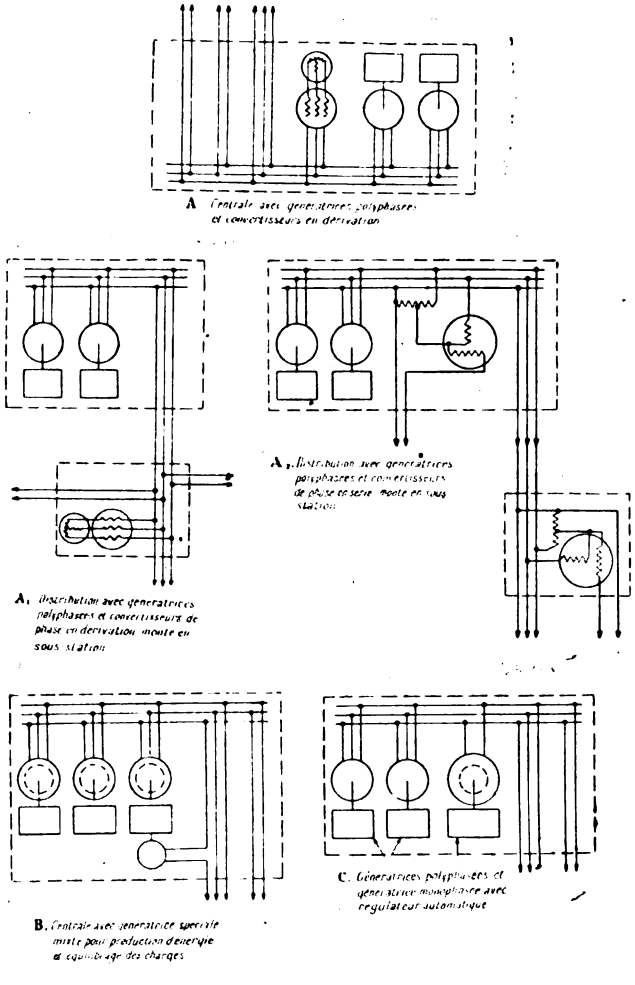


Fig. 1, 2, 3, 4 et 5.

monter le convertisseur de phase soit dans la station, soit dans la sous-station et 1° soit en dérivation ; 2° soit en série.

B) Génératrice spéciale avec enroulement en court-circuit (cage d'écureuil) prévue pour charge mixte polyphasée et monophasée et accompagnée d'appareils automatiques pour prévenir le déséquilibrage de la tension que tend à faire naître la charge monophasée.

C) Génératrice polyphasée normale et génératrice mono-

(1) E.-V.-W. Alexanderson, G.-H. Hill, *G. E. R.*, décembre 1916, t. XIX, p. 1907.

Digitized by Google

phasée spéciale connectée aux barres avec dispositif automatique pour le réglage des champs des génératrices monophasées, de façon à lui faire absorber tout le déséquilibrage du courant.

La Philadelphia Electric Co a installé, dans une de ses sous-stations, deux convertisseurs de phase de 5 000 kw montés en dérivation sur la ligne triphasée avec régulateur automatique.

F. G.

Sur la production des étincelles musicales par courant continu (1).

M. Langevin étudie la protection, au moyen d'une batterie de condensateurs, des dynamos à courant continu destinées à la production d'étincelles musicales. S'il est nécessaire de protéger la génératrice par des bobines de self-induction contre le retour des courants de haute fréquence, produits à chaque étincelle dans le circuit oscillant dont fait partie le condensateur, il est également nécessaire de diminuer l'importance du courant alternatif musical qui se superpose, dans la génératrice, au courant continu qui y est produit normalement.

Une solution parfaite consisterait à utiliser une batterie tampon aux bornes de la génératrice, mais cette solution est à rejeter en pratique en raison des hautes tensions. La substitution d'un condensateur à la batterie fournit une très bonne solution si la capacité est suffisante.

M. Langevin montre qu'il est facile de mettre, sous une forme très simple, les calculs relatifs à un système ainsi constitué et il étudie le cas suivant : soient, E, R, L la force électromotrice, la résistance et la self-induction de la dynamo génératrice, C' la capacité du condensateur shunt, r une résistance en série avec ce condensateur, C le condensateur qui se décharge N fois par seconde par le commutateur tournant. L, R la self totale et la résistance des bobines du circuit du condensateur C, U la différence de potentiel aux bornes de C, U' la différence de potentiel aux bornes de la dynamo, Q la charge de C, Q' celle de C'.

En posant,

$$(1)\qquad \begin{cases} I = I_0 + \Sigma^n{}_1 I_n \\ I' = I_0 + \Sigma^n{}_1 I'_n \\ Q = Q_0 + \Sigma^n{}_1 Q_n \\ U = U_0 + \Sigma^n{}_1 U_n \\ U' = U'_0 + \Sigma^n{}_1 U'_n \end{cases}$$

où l'indice o correspond à la partie constante ou valeur moyenne de l'élément variable considéré et l'indice n à l'harmonique de rang et de fréquence $n\omega t$ dans le développement en série de Fourier; prenant pour origine des temps le moment où une étincelle vient d'éclater et posant :

$$I_n = I_0 (A_n \sin n\omega t + B_n \cos n\omega t),$$

on a à chaque instant :

$$(2)\qquad Q = q + \int_0^t I\,dt;$$

d'où :

$$(3)\qquad Q = q + I_0\left[t + \Sigma^n{}_1 \frac{A_n}{n\omega}(1 - \cos n\omega t) + \Sigma^n{}_1 \frac{B_n}{n\omega}\sin n\omega t\right]$$

(1) Langevin, professeur au Collège de France, membre du Comité technique des Postes et Télégraphes. *Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones*, décembre 1916, 5e année, p. 403-411, 2 fig.

or t se développe en série de Fourier dans l'intervalle o à $\frac{2\pi}{\omega}$:

$$t = \frac{\pi}{\omega} - \Sigma^n{}_1 \frac{2}{n\omega}\sin n\omega t;$$

en remplaçant dans (3) et tenant compte de la troisième équation (1)

$$(4)\qquad Q_0 = q + \frac{\pi I_0}{\omega} + \Sigma^n{}_1 \frac{A_n}{n\omega} I_0$$

$$(5)\qquad Q_n = I_0\left(\frac{B_n - 2}{n\omega}\sin n\omega t - \frac{A_n}{n\omega}\cos n\omega t\right).$$

En égalant les diverses expressions de la différence U' entre les bornes de la dynamo on obtient :

$$(6)\qquad U' = E - RI' - L'\frac{dI'}{dt} = \frac{Q}{C} + RI + L\frac{dI}{dt}.$$

En identifiant les développements en séries de Fourier des deux derniers membres, on obtient les égalités :

$$(7)\qquad E - R'I_0 = \frac{Q_0}{C} + RI_0.$$

$$(8)\qquad -RI'_n - L'\frac{dI'_n}{dt} = \frac{Q_n}{C} + RI_n + L\frac{dI_n}{dt}.$$

En tenant compte de l'expression (5) pour Q_n, on voit que : *les termes d'indice n, dans les éléments variables, correspondent au régime permanent alternatif produit dans le système considéré par l'action d'une force électromotrice agissant dans la branche R' L' C' du circuit et ayant pour valeur* :

$$(9)\qquad \frac{2I_0}{n\omega}\sin n\omega t;$$

c'est là la remarque essentielle du procédé de calcul.

Les méthodes de calcul employées en courant alternatif en particulier les imaginaires conduisent alors rapidement à la solution. On trouve pour A_n, en ne conservant que les puissances les plus élevées de n,

$$(10)\qquad A_n = -\frac{2(R+r)}{n^3\omega^3 L^2 C};$$

en combinant (4) et (7) on obtient pour I_0, intensité moyenne fournie par la génératrice,

$$I_0 = \frac{E - \frac{q}{C}}{R + R' + \frac{\pi}{C\omega} + \Sigma^n{}_1 \frac{A_n}{Cn\omega}}.$$

Continuant ses calculs M. Langevin trouve pour le rendement la valeur :

$$\eta = \frac{\pi}{\pi + \omega C(R + R') + \Sigma^n{}_1 \frac{A_n}{n}},$$

et pour l'amplitude U'_1 du terme fondamental de la différence de potentiel aux bornes de la génératrice quand on est suffisamment loin de la résonance,

$$|U'_1| = \frac{2E}{\pi\omega^2 LC}$$

Digitized by Google

elle varie donc en raison inverse de la capacité du condensateur *C quand celle-ci est suffisamment grande pour que le circuit oscillant qu'elle constitue avec la génératrice ait une période propre nettement supérieure à celle des étincelles*, et en raison inverse de la self-induction *L* des bobines de protection *quand celle-ci est assez grande pour que la période du circuit oscillant, qu'elle constitue avec le condensateur de décharge C, soit aussi nettement supérieure à celle des étincelles*. La présence du facteur ω^3 au dénominateur montre que *la protection de la génératrice contre le courant alternatif musical est d'autant plus facile à réaliser que la note employée est plus aiguë*.

La charge du condensateur, au moment où se produit l'étincelle, est :

$$q + \frac{2\pi}{\omega} I_0 = q + \frac{2\pi}{\omega} \frac{E - \frac{q}{C}}{R + R' + \frac{R}{C\omega} + \Sigma' \frac{A_n}{n\omega C}}$$

la différence de potentiel correspondante est : $2E - \frac{q}{C}$.

Le calcul de $|U_n|$ montre que le maximum de U, aux bornes du condensateur C, diffère très peu de $2E$ quand on est suffisamment éloigné de la résonance.

L'action sur les yeux de la lumière ultra-violette (1).

On sait depuis longtemps que les effets de la lumière solaire doivent être partiellement attribués à ses radiations ultra-violettes, qu'il s'agisse aussi bien de son action utile bactéricide que de son action nuisible sur la peau ou sur les yeux.

Il en serait ainsi des affections des yeux, fréquentes dans les districts montagneux, couverts de neige. Aux hautes altitudes la proportion de lumière ultra-violette contenue dans la lumière solaire est, en effet, plus grande qu'au niveau de la mer (expérience de Langley dans la Sierra Nevada, 5 000 m. en 1885).

Il faut attribuer aux mêmes causes les ophtalmies des régions tropicales désertiques où la proportion de lumière ultra-violette dans la lumière solaire est aussi souvent particulièrement élevée.

La difficulté, dans l'étude de ces questions, est de séparer l'action de la lumière ultra-violette de celle due simplement à un excès de lumière visible ; la création de sources artificielles très riches en lumière ultra-violette, comme la lampe de quartz à vapeur de mercure, a permis d'étudier ces phénomènes de façon plus précise ; il est en effet possible avec elle de faire varier d'une manière connue l'intensité et la nature des radiations que l'on désire étudier.

Schanz et Stockausen de Dresde ont fait, il y a quelques années, des études sur les yeux d'animaux (2). Ils ont trouvé que les rayons ultra-violets pouvaient être divisés en quatre classes :

1° Ceux de très courte longueur d'onde absorbés par le verre clair et en partie par l'air ;

2° Ceux au-dessous de 300 mμ absorbés partiellement par le verre clair et qui ne pénètrent pas dans l'œil, mais causent l'inflammation de l'œil externe ;

3° Ceux compris entre 300 mμ et 350 mμ qui pénètrent les milieux optiques de l'œil mais n'atteignent pas la rétine.

4° Ceux compris entre 350 mμ et 400 mμ qui causent la fluorescence des milieux optiques de l'œil et peuvent pénétrer jusqu'à la rétine et l'attaquer, s'ils sont en excès.

L'hypothèse que la cataracte est due à des transformations chimiques des milieux de l'œil, consécutives à l'excitation de leur fluorescence par les rayons ultra-violets, repose sur la constatation que la cataracte est particulièrement fréquente parmi les ouvriers travaillant le verre ou tout corps incandescent.

L'étude du rôle des rayons ultra-violets dans l'évolution de cette maladie est compliquée par le fait que la sensibilité de l'œil à leur action semble très variable d'un individu à l'autre. Burge (3) a apporté quelque éclaircissement à cette question en étudiant leur action sur la coagulation de l'albumine et l'altération des milieux optiques des animaux. Il a constaté que, avec un éclairement très puissant, la coagulation de l'albumine pouvait être produite en quelques heures, tandis que la substance protéique de l'œil (quoique de composition analogue) peut rester inaltérée après une exposition de cent heures.

Ceci suggère l'hypothèse que la prédisposition de certains yeux à la cataracte serait due à la présence, en quantités anormales, de certains sels qui empêcheraient les réactions de défense de l'œil. L'expérience a montré que les sels de Ca, Mg, Na jouissaient de cette propriété.

L'examen de quelques milliers d'yeux atteints de cataracte dans l'Inde a montré que ces sels étaient, en effet, ordinairement présents en grande quantité.

Il est donc probable que la cataracte est largement favorisée par deux facteurs : *a*. La modification de la protéine de l'œil par suite de maladie ou de manque de nutrition ; *b*. L'exposition prolongée à une radiation ultra-violette puissante comme celle qui est contenue dans la lumière solaire des tropiques.

De ces faits découle la conclusion importante suivante : certains yeux sont particulièrement prédisposés à souffrir de la lumière ultra-violette, et, par suite, il ne faut pas conclure de quelques accidents isolés à la nécessité de mesures de protection devant s'appliquer à tous les yeux.

On s'est accoutumé, dans ces dernières années, à l'emploi de sources de lumière artificielle de plus en plus intenses et de plus en plus « blanches », c'est-à-dire devant posséder un spectre de plus en plus riche en ultra-violet, telles que par exemple les lampes à incandescence à atmosphère gazeuse. Certains se sont inquiétés de l'action de ces lampes sur les yeux et ont même proposé de fabriquer les ampoules de ces lampes en verre de composition chimique spéciale, absorbant complètement le spectre ultra-violet, comme le verre « Euphos » par exemple.

En réalité, Voege (2), puis Luckiesh (3) et Bell (4) ont montré que la lumière de ces lampes était toujours moins riche en radiations ultra-violettes que la lumière solaire contre laquelle on ne prend point de telles précautions.

Ces lampes sont surtout fatigantes pour l'œil à cause de l'intensité de leur rayonnement visible, et des écrans doivent être disposés de manière à protéger l'œil contre leur rayonnement direct.

Ceci ne veut pas dire que toutes les fois que l'on est obligé de travailler près d'un arc nu, d'une lampe à vapeur de mercure en quartz ; que l'on fait de la soudure autogène ou même que l'on se trouve exposé à la lumière des dis-

(1) *Electrician*, 1er décembre 1916, t. LXXVIII, p. 277-278.
(2) *La Revue électrique*, 15 mars 1908, t. IX, p. 176.

(1) *Electrical World*, 10 octobre 1915.
(2) *La Revue électrique*, 15 décembre 1908, t. X, p. 488.
(3) *Electrical World*, 13 avril 1912.
(4) *Electrical World*, 15 juin 1912.

Digitized by Google

tricts montagneux neigeux ou des déserts tropicaux, il ne soit pas absolument nécessaire de protéger ses yeux à la fois contre l'excès de lumière visible et contre l'action des rayons ultra-violets.

Des études ont été entreprises pour déterminer le meilleur procédé de protection; parmi celles-ci nous citerons celles de Sir William Crookes (1). Il y a tout lieu de penser que les verres bleus ou légèrement fumés, généralement employés pour se protéger contre une lumière solaire très vive, ont l'inconvénient d'être trop transparents aux rayons ultra-violets et que la meilleure solution est de combiner un verre spécialement fabriqué pour absorber les rayons ultra-violets avec un verre assez foncé pour arrêter l'excès de lumière visible.

La protection des circuits téléphoniques dans les distributions d'énergie électrique (2).

Sur les circuits téléphoniques privés, utilisés dans les distributions d'énergie électrique à haute tension, on a pu constater divers accidents et troubles que ne faisait pas prévoir l'expérience acquise dans l'exploitation des lignes publiques.

Ces phénomènes sont dangereux à la fois pour le matériel et pour le public; l'auteur en fait une étude méthodique ainsi que des moyens de protection dont l'usage a démontré la valeur.

Les causes de ces troubles peuvent se ranger en trois catégories :

Induction électrostatique et électromagnétique par la ligne principale.

Contact avec la ligne principale.

Phénomènes consécutifs aux coups de foudre et surtensions.

L'induction est la cause la plus fréquente, elle est même continuelle; mais les surtensions et les contacts, bien que plus fréquents et de courte durée, sont sans doute la cause des pires dommages pour les appareils et des dangers les plus redoutables pour les opérateurs.

Induction électrostatique et électromagnétique. — L'induction provoque du bruit dans les récepteurs ainsi que l'apparition de hautes tensions sur les lignes et dans les appareils, ce qui rend les communications difficiles et dangereuses, tant par l'apparition de courants de circulation que par l'exagération du potentiel du circuit par rapport au sol.

Cet effet ne peut être évité, les conducteurs de la ligne ne pouvant naturellement être placés symétriquement par rapport aux deux fils du téléphone.

On y remédie en croisant entre eux, à intervalles réguliers, les fils du circuit, ce qui annule la tension.

Une transposition partielle de la ligne d'énergie exerce la même action.

Quand le trouble provient d'effets d'induction électrostatique dus à la position relative de la ligne d'énergie et du circuit téléphonique par rapport à la terre, (ou également d'un circuit avec retour par la terre), la transposition des fils du circuit, ni celle des conducteurs de la ligne, ne peuvent le supprimer, mais la transposition des conducteurs de la ligne tend à le réduire en empêchant un des conducteurs d'exercer une action prépondérante.

En général, l'effet des harmoniques supérieurs produits dans la ligne est plus grand que celui du courant fondamental, car le récepteur téléphonique et l'oreille sont plus sensibles pour les hautes fréquences, l'amplitude des harmoniques étant d'ailleurs plus faible.

Toutefois, il ne faut pas perdre de vue que les effets des harmoniques, toujours faibles dans la génératrice, peuvent être augmentés, si la condition de résonance est réalisée, et peuvent alors devenir très sérieux.

Par suite, on peut, au moyen de transpositions convenables dans les conducteurs de la ligne et dans les fils du circuit téléphonique, réduire de beaucoup les bruits parasites dans les appareils sans que néanmoins ceux-ci cessent d'être soumis à un potentiel dangereux.

Par exemple, dans le cas d'un circuit téléphonique monté sur les pylônes d'une double ligne à 110 000 v, on a mesuré, entre le circuit et la terre, une d. d. p. de 5 600 v.

Dans l'une des méthodes de protection employée, on tend un fil protecteur parallèle au circuit téléphonique et qui doit être mis à la terre à chaque pylône.

Mais la méthode, qui donne les meilleurs résultats pratiques, consiste dans l'emploi de bobines de dérivation dites de drainage ou de saignée, « bleeding », montées entre les fils du circuit, et dont le point central est mis à la terre.

Ces bobines présentent une faible impédance pour les courants qui prennent naissance également dans les deux fils et les laissent s'échapper facilement dans le sol; par contre, elles présentent une forte impédance pour les courants de haute fréquence qui se produisent entre les transmetteurs et les récepteurs téléphoniques.

Plusieurs précautions doivent être prises dans le montage de ces bobines :

1° Elles doivent être aussi peu nombreuses que possible car elles absorbent un courant magnétisant assez élevé, ce qui peut troubler les transmissions. Deux bobines, l'une à chaque extrémité du circuit, sont en général bien suffisantes. S'il est nécessaire, on en monte une troisième au milieu;

2° Les deux moitiés de chaque bobine doivent présenter des caractéristiques parfaitement symétriques;

3° Leur résistance ohmique doit être assez faible pour leur permettre de supporter les courants qu'elles ont à transmettre, sans échauffement nuisible.

Ces courants peuvent être déterminés par le calcul qui est long, pénible et incertain; il est bien préférable de le mesurer expérimentalement.

Effets des surtensions. — Les surtensions et surintensités résultant du fonctionnement des interrupteurs, les coups de foudre sur la ligne ou dans son voisinage, les courts-circuits en ligne, les arcs à la terre et, en réalité, tous les phénomènes qui se produisent sur la ligne ont une répercussion plus ou moins énergique sur le circuit téléphonique, par suite de la sensibilité des appareils et de la longueur des fils parallèles qui annule toutes les actions.

Disposition générale de la protection d'une ligne. — Pour les coups de foudre seuls, abstraction faite des autres troubles, les éclateurs dans le vide donnent des résultats satisfaisants.

Quand il se produit des surtensions entre la ligne et le circuit, ou entre les deux fils du circuit, ou entre le circuit et la terre, par suite de l'induction due à la ligne, il y a lieu d'utiliser un éclateur dans l'air : cet appareil est alors

(1) *Philosophical Transactions*, 1914, série A, t. CCXIV, p. 1-25.
(2) E.-K. Shelton, *G. E. Review*, déc. 1916, t. XIX, p. 1126-1133.

Digitized by Google

préférable à l'éclateur dans le vide qui provoquerait une mise à la terre trop fréquente du circuit.

Par contre, l'éclateur dans le vide est d'un bon emploi sur les circuits dont les surtensions sont limitées par des transpositions convenables.

Quand il peut se produire des troubles dus à l'induction (dans certaines circonstances ces troubles peuvent se manifester à une distance d'un demi-mille de la ligne), il est nécessaire de prévoir sur le circuit téléphonique des transformateurs d'isolement. Ces appareils assurent la protection jusqu'à des tensions de 25 000 v.

On monte, d'autre part, des bobines de drainage, aussi peu nombreuses que possible, pour ne pas affecter le fonctionnement des appareils téléphoniques.

Enfin, entre le transformateur d'isolement et la bobine de drainage, on installe un éclateur dont l'objet est de maintenir à une valeur modérée la tension entre les fils et le sol et entre les fils.

En série avec les éclateurs, on monte un interrupteur permettant la mise hors service des appareils téléphoniques dans le cas de décharges continuelles.

Si l'on redoute la possibilité d'un contact entre la ligne et le circuit, il y a lieu de munir ce dernier d'un éclateur double à cornes dont le point central est mis à la terre.

Choix des appareils. — La première donnée dont il faut tenir compte est la tension de la ligne d'énergie. Cette tension n'est appliquée directement que dans le cas d'un contact, et cet accident est actuellement rare.

La deuxième donnée est l'induction de la ligne sur le circuit téléphonique, laquelle dépend de la charge de la ligne et de la distance entre cette dernière et le circuit.

Signalons enfin que l'isolement prévu pour les fils de protection (fils de terre des éclateurs et des bobines) doit être de même ordre que celui du circuit téléphonique, mais supérieur, afin que, si un arc prend naissance, il se produise sur ce dernier qui est protégé.

Description des appareils a utiliser. — *Éclateurs dans le vide.* — Ces appareils sont destinés à protéger les appareils téléphoniques contre les coups de foudre. Il en faut deux à chaque poste. Ils satisfont bien aux deux conditions imposées par leur objet : avoir une faible chute de tension jusqu'au sol, tout en évitant les pertes en service normal. Ils sont constitués, comme l'indique la figure 1 (coupe), et sont montés comme des fusibles, entre des mâchoires à ressorts (Cf., fig. 2).

Éclateurs dans l'air et dans le vide combinés. — L'objet de ces appareils est de protéger l'installation contre les coups de foudre et d'atténuer les différences de potentiel entre les deux lignes.

Ils comportent un éclateur à rouleaux réglable, monté en dérivation sur un éclateur dans le vide. Ces appareils suffisent à protéger les circuits entre les fils desquels la tension ne dépasse jamais 250 v.

Pour les tensions supérieures, il faut prévoir des bobines de drainage,

Interrupteurs à fusibles et éclateurs combinés. — Ces appareils permettent :

1° De mettre à la main les appareils téléphoniques hors circuit pour les examens, entretiens, réparations.

2° D'assurer leur mise hors circuit automatique, par la fusion des fusibles, lors de surintensités excessives.

3° De les protéger contre les surtensions dues aux coups de foudre, comme il est dit ci-dessus.

Parafoudres doubles à cornes. — Ces appareils ont pour objet de protéger les appareils téléphoniques, les isolateurs et les appareils de protection ci-dessus, contre les effets de

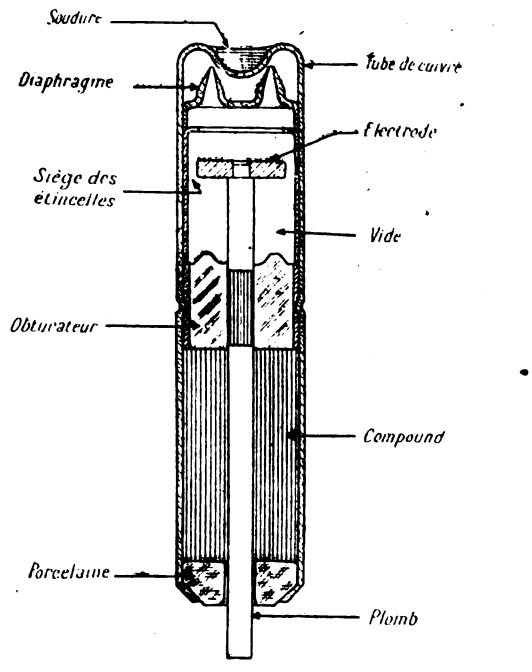


Fig. 1. — Coupe d'un parafoudre à vide.

la tension de la ligne d'énergie dans le cas d'un contact accidentel entre celle-ci et le circuit téléphonique. L'accident en question est le plus rare, mais le plus redoutable. Ces

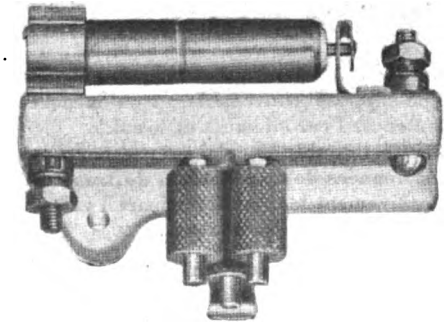


Fig. 2. — Vue d'un parafoudre combiné à vide et à air.

parafoudres doivent donc être montés en avant de tous les autres appareils.

Transformateurs d'isolement. — Ces appareils (fig. 3) ont pour objet :

1° De protéger les opérateurs contre les dangers de hautes tensions induites dans le circuit téléphonique, quand ce dernier et la ligne sont parallèles et montés sur les mêmes poteaux ou sur des poteaux voisins.

2° D'améliorer le service en permettant de contrôler, en toutes circonstances, les appareils téléphoniques et leurs appareils protecteurs annexes, et en accroissant l'isolement du poste.

On ne peut prévoir ces transformateurs pour toutes les tensions. On limite leur tension primaire à 25 000 v, ce qui

Digitized by Google

est toujours suffisant, si la ligne est bien protégée par les appareils décrits ci-dessus.

Bobines de dérivation (drainage). — Le mieux est de se servir de transformateurs d'abonnés de série dont le primaire est prévu pour 2 200 v. (Ce type de transformateur est le Standard aux Etats-Unis.)

On utilise comme bobine l'enroulement haute tension dont le centre est mis à la terre; la basse tension est simplement laissée en circuit ouvert.

La bobine doit présenter une résistance ohmique suffisamment faible.

Pour déterminer le type à utiliser, le meilleur procédé

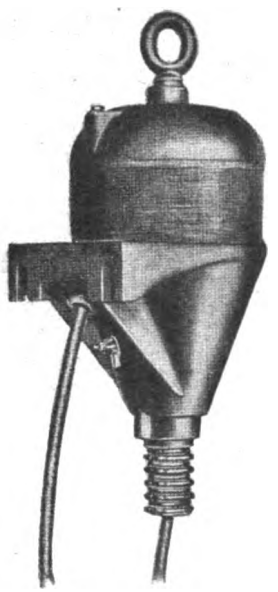


Fig. 3. — Transformateur d'isolement pour lignes téléphoniques.

est de faire un essai. A cet effet, on monte un transformateur du type supposé convenable, et on mesure le courant entre le centre de l'enroulement et le sol.

Ce courant est double de celui qui parcourt l'enroulement. D'après les données de construction du transformateur, on choisit définitivement le type de l'appareil en se donnant un coefficient de sécurité d'au moins 5.

Classification des circuits téléphoniques et conseils pour leur protection. — *Classe I. Circuits non parallèles aux lignes d'énergie, et ne les croisant pas. — Troubles à craindre.* — Coups de foudre.

Appareils à prévoir. — Eclateurs dans le vide, sur chaque fil, à chaque poste.

Classe II. Circuits non parallèles aux lignes d'énergie, mais les croisant. — *Troubles à craindre.* — Coups de foudre ; contact avec les conducteurs à haute tension dans le cas d'une rupture de conducteur; pas d'effets inductifs.

Appareils à prévoir. — 1° Interrupteurs bipolaires à fusibles et éclateurs dans le vide combinés, en série sur le circuit téléphonique principal, au premier poste de chaque côté du croisement.

2° A tous les autres : éclateurs dans l'air et dans le vide combinés.

Classe III. Circuits téléphoniques parallèles aux lignes d'énergie ; mais non montés sur les mêmes pylônes et ne les croisant pas. — Troubles à craindre. — Coups de foudre, effets d'induction électrostatique et électromagnétique. (Pas de contact avec la ligne haute tension.)

Appareils à prévoir. — 1° Transformateurs d'isolement à tous les postes.

2° Interrupteurs bipolaires à fusibles et éclateurs dans le vide combinés, sur le circuit, avant le transformateur, à tous les postes.

3° Bobines de dérivation, de préférence une à chaque extrémité de la ligne.

Classe IV. La plus générale. Circuits téléphoniques montés sur les pylônes de la ligne d'énergie. — Troubles à craindre. — Coups de foudre, effet inductif, contact avec la haute tension

Appareils à prévoir. — 1° Transformateur d'isolement à tous les postes.

2° Interrupteur bipolaire à fusibles et éclateurs dans le vide combinés à tous les postes, sur la ligne, avant le transformateur d'isolement.

3° Parafoudres doubles à cornes entre les deux fils du circuit, avant tous les autres appareils.

4° Bobines de dérivation avec fusibles, une à chaque extrémité de la ligne. Si cela est nécessaire, une troisième peut être ajoutée au milieu.

La figure 4 représente le schéma des connexions pour la

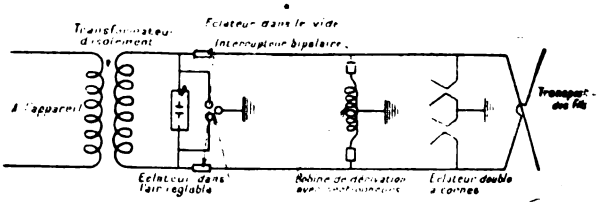


Fig. 4. — Schéma des connexions pour la protection des lignes téléphoniques, 3e et 4e classes.

quatrième classe de circuit. De ce schéma, qui est le plus général, il est facile de déduire ceux qui correspondent aux autres classes de circuits. J. G.

Augmentation de la portée des lignes téléphoniques par l'emploi de relais (1).

La méthode consiste à faire réagir les mouvements du diaphragme d'un récepteur sur un microphone : à cet effet on relie mécaniquement le microphone à la membrane ou au diaphragme du récepteur de manière que les mouvements déterminés par le courant téléphonique chez celui-ci aient pour conséquence de modifier la résistance microphonique et, par suite, le courant du circuit du microphone ; ce circuit du microphone constitue le primaire d'un transformateur dont le secondaire est lié au tronçon de ligne suivant. Les récepteurs et microphones doivent être d'une grande sensibilité. Il importe que le diaphragme ne puisse ajouter ses vibrations propres à celles qui résultent de l'action des courants téléphoniques. Enfin il faut exclure toutes possibilités d'agglomération des granules de charbon sous l'action des courants. On construit des relais basés sur la décharge dans les gaz raréfiés. Taylor a tenté d'employer la lampe à arc à vapeur de mercure. De Forest emploie un tube à rayons cathodiques, Lieben un tube à cathode chauffé électriquement. Dans ce tube une faible variation de la différence de potentiel produit une grande variation de courant.

(1) *Revue générale des Sciences*, 15 janvier 1917, t. XXVIII, p. 3.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

L'équipement électrique des chutes d'eau pour les usages électrométallurgiques

Le problème suivant se pose très fréquemment pour les détenteurs de chutes d'eau qui cherchent à les utiliser pour produire l'énergie électrique nécessaire à l'alimentation de fours électrométallurgiques : quelle est la forme du courant la plus avantageuse, quelles sont les caractéristiques du matériel électrique, génératrices, lignes de transport, transformateurs, les mieux appropriées, non seulement à l'utilisation immédiate de l'énergie pour l'électrométallurgie, mais encore à son emploi éventuel pour d'autres usages, dans l'avenir, tels qu'une distribution régionale d'électricité lorsque la demande d'acier se sera raréfiée ? L'auteur analyse ces différents points en faisant ressortir que, dans les conditions actuelles de fonctionnement des fours aussi bien que pour se réserver les possibilités de transport d'énergie à grande distance, le courant produit sur la chute doit être du courant alternatif triphasé quitte à le transformer, suivant son utilisation, en monophasé ou en triphasé.

Rappelons tout d'abord que les fours électrométallurgiques sont surtout utilisés, étant donnés les besoins actuels, à la fabrication de l'acier et qu'en France nous employons principalement les fours à électrodes, fours Héroult, four Keller, Girod, Chaplet, etc. Dans ces fours, l'énergie électrique ne joue qu'un rôle calorifique, la chaleur étant produite par l'arc électrique et dans la résistance constituée par la scorie et le métal en fusion.

Nous n'envisagerons, dans ce qui suit, que les fours utilisant des courants alternatifs qui sont actuellement les plus employés et dont l'usage se répand de plus en plus.

On peut établir trois sortes de fours :

1° Des fours monophasés ;

2° Des fours biphasés ;

3° Des fours triphasés.

Les fours monophasés sont généralement munis d'une seule électrode mobile (l'autre pôle étant relié à la sole) ou bien de deux électrodes mobiles.

Les fours biphasés sont généralement construits avec deux électrodes mobiles, l'autre extrémité de chacun des deux enroulements étant réunie à la sole.

Les fours triphasés sont toujours à trois électrodes mobiles.

Le problème de l'électrification d'une chute d'eau pour usage électrométallurgique se pose généralement de la façon suivante :

On dispose d'une certaine puissance qu'on veut utiliser immédiatement pour alimenter des fours électrométallurgiques, tout en désirant se réserver, dans un avenir plus ou moins lointain, si l'exploitation électrométallurgique n'est plus indiquée, la possibilité de transformer l'installation et de créer un réseau régional de distribution d'énergie électrique.

Quelle est, dans ce cas, la nature du courant à installer ?

Il n'y a pas à hésiter pour la réponse dans presque tous les cas ; il faut créer une station hydro-électrique produisant des courants triphasés à la fréquence normale de 25 ou de 50 périodes par seconde.

Les fours monophasés étant les plus simples à construire et les plus faciles à conduire, il est certain que la première idée qu'on peut avoir est d'installer une station hydro-électrique produisant du courant monophasé.

Cette idée est à rejeter pour les raisons suivantes :

1° L'utilisation ultérieure d'un réseau monophasé n'est pas à conseiller ; elle permettrait difficilement de faire une distribution pratique de force motrice. Rappelons, en effet, que le moteur monophasé d'induction ne peut démarrer, par des dispositifs spéciaux, qu'à vide ou à très faible couple et dans l'état actuel de l'électrotechnique, les moteurs à collecteurs monophasés ne se construisent pratiquement que pour de petites puissances ne dépassant pas 10 ch ; le prix en est fort élevé. On serait donc limité, dans l'exploitation du réseau futur, à la production de l'éclairage et à l'alimentation de petites forces motrices ;

2° Dans le présent même, cet inconvénient se présenterait immédiatement pour la commande des différents appareils de manutention nécessaires à la marche de l'usine électrométallurgique, ponts roulants, moteurs de treuils, etc.

On peut objecter au raisonnement précédent que le premier inconvénient n'est qu'apparent, puisqu'on peut toujours envisager la construction d'alternateurs triphasés fonctionnant momentanément en monophasé jusqu'au moment où le besoin de la distribution triphasée se fera sentir.

C'est évidemment une solution possible et qui a été appliquée, du reste, dans un assez grand nombre

Digitized by Google

de cas ; elle offre pourtant l'inconvénient suivant :

Elle ne permet d'utiliser que partiellement la puissance dont on dispose ; en effet, si on veut que le ou les alternateurs triphasés soient établis pour utiliser ultérieurement toute la puissance disponible, en les faisant fonctionner en monophasés, on ne pourra produire que les 7/10 environ de cette puissance ; si, d'autre part, on veut établir des alternateurs triphasés capables de fonctionner en monophasés en absorbant immédiatement toute la puissance disponible, on sera conduit à faire construire des alternateurs triphasés trop puissants, qui seront beaucoup trop chers.

Enfin, cette solution ne répond pas à la dernière objection qui, à notre avis, est primordiale.

Voyons maintenant ce qu'on peut réaliser avec le système triphasé, en envisageant immédiatement l'installation d'une station hydro-électrique capable d'être utilisée, presque sans changement, pour alimenter un réseau de distribution triphasé.

Il y a trois solutions, parmi lesquelles on pourra choisir, suivant les fabrications qu'on veut réaliser et les puissances dont on dispose.

On peut installer :

1° Des fours monophasés à raison de 1 par phase ;

2° Des fours biphasés, alimentés par des transformateurs Scott ;

3° Des fours triphasés.

Avant d'aller plus loin, nous dirons qu'en général il faut presque toujours envisager, pour des raisons que nous indiquerons ultérieurement, l'installation de transformateurs abaisseurs entre les alternateurs et les fours et que, de plus, il est préférable de faire débiter, quand on le peut, chaque groupe alternateur et transformateur sur un seul four ou sur plusieurs fours en série comme on l'a fait quelquefois.

On peut aussi réaliser le fonctionnement en parallèle des divers alternateurs dont on dispose et alimenter un ou plusieurs groupes de transformateurs abaisseurs.

Chacun de ces groupes débitera sur un seul four ou sur un ensemble de fours en série.

On déterminera le nombre des turbines et alternateurs à installer d'après le régime de la chute et les puissances disponibles en eaux normales et en basses eaux, de manière à toujours faire fonctionner les alternateurs avec le maximum de rendement.

La détermination du nombre de fours à installer sera, par contre, toujours guidée par la nature des fabrications et les puissances nécessaires pour y parvenir, en fonctionnant avec le rendement calorifique maximum.

Lorsqu'on veut, avec un même four, entreprendre des fabrications différentes, comme ces fabrications exigent des tensions différentes, il faudra prévoir sur les transformateurs abaisseurs des prises supplémentaires permettant d'obtenir ces diverses tensions.

Si l'on veut fonctionner sur chaque groupe de transformateurs avec deux fours en série, il faudra de plus, outre ces différentes tensions, obtenir les tensions doubles, de sorte que, si un four vient à être arrêté, on puisse fonctionner avec l'autre en le branchant aux bornes convenables du transformateur.

Ceci dit, examinons de plus près les trois solutions indiquées plus haut.

Premier cas. — L'installation de trois fours monophasés, à raison de un sur chaque phase d'un système triphasé, n'offre d'intérêt que dans les installations suffisamment importantes, car la puissance absorbée par chaque four, si on suppose un groupe alternateur et transformateur fonctionnant sur trois fours monophasés, ne correspond qu'au 1/3 de la puissance disponible en triphasé.

Il y a donc une limite inférieure de la puissance par four au-dessous de laquelle il n'est pas intéressant de descendre.

Pour la déterminer, il faut tenir compte du rendement calorifique des fours monophasés qu'on a l'intention de construire.

Cette considération est d'autant plus importante qu'on a généralement intérêt à installer, sur une chute donnée, plusieurs groupes d'alternateurs, utilisant chacun une fraction de la puissance de la chute et qu'on doit, par conséquent, prévoir un nombre de fours suffisant pour permettre de fonctionner avec un rendement calorifique admissible aux différents régimes de la chute pendant l'année.

Prenons un exemple concret :

Supposons qu'une chute d'eau donne en eaux normales une puissance de 3 000 ch, mais qu'à la période des basses eaux, cette puissance soit réduite à 1 500 ch.

On aura intérêt, dans un tel cas, à installer deux turbines de 1 500 ch chacune et deux systèmes de fours absorbant chacun 1 500 ch, soit, dans le cas présent, 500 ch par four monophasé. On pourra, dans ce cas, pendant la période des eaux normales, utiliser les deux batteries de fours, et pendant la période des basses eaux, arrêter une batterie et fonctionner avec l'autre, ce qui, évidemment, correspondra toujours au rendement calorifique maximum.

Dans cette évaluation nous n'avons pas tenu compte des éléments de réserve à prévoir, la détermination de ces éléments étant extrêmement variable suivant les cas.

Nous croyons, étant donné l'état actuel de la question, qu'il n'est pas intéressant de construire des fours monophasés absorbant des puissances inférieures à 3 ou 400 kw par four.

Deuxième cas. — On admet généralement que l'installation d'un four biphasé, alimenté par un système triphasé par l'intermédiaire de transformateurs Scott, n'est avantageuse que pour des puissances qui ne sont pas inférieures à 800 kw.

Troisième cas. — Lorsqu'on veut installer des fours triphasés, on peut descendre jusqu'à des puissances de 350 kw absorbées par four ; un assez grand nombre de fours de ce genre sont actuellement en exploitation.

Naturellement, la capacité des fours à installer est à déterminer d'après la nature des fabrications prévues, et le rendement calorifique est d'autant plus élevé que la capacité des fours installés est plus grande.

Digitized by Google

I. — Choix des constantes de fonctionnement des alternateurs. — La plupart des fours électrométallurgiques à électrodes fonctionnent à des tensions comprises entre 45 et 60 v, suivant la fabrication ; il est désavantageux, étant données les grosses intensités à capter et à conduire jusqu'aux fours, de construire les alternateurs directement pour d'aussi basses tensions. On a, par contre, intérêt, pour économiser le cuivre des canalisations, à faire construire les alternateurs pour la plus haute tension compatible avec leur puissance et à installer, aussi près que possible des fours, des transformateurs abaisseurs ramenant la tension de la station hydro-électrique à la valeur voulue pour l'alimentation des fours.

Remarquons que cette condition est tout à fait favorable si l'on veut utiliser ultérieurement la station hydro-électrique pour l'alimentation d'un réseau de distribution.

On peut, en effet, se servir, dans ce cas, des alternateurs triphasés sans aucune modification, et de plus, on peut faire établir d'avance les transformateurs, de manière qu'il soit facile, en utilisant les parties mécaniques et en ne remplaçant que les bobinages, de les transformer ultérieurement pour les besoins nouveaux auxquels on les destine dans l'avenir.

S'il s'agit de trois transformateurs monophasés montés en triphasé, il suffira de transformer les bobinages.

S'il s'agit de deux transformateurs monophasés montés en Scott, il faudra changer les bobinages et ajouter une troisième branche pour constituer le système triphasé.

S'il s'agit de transformateurs triphasés, il suffira simplement de changer les bobinages.

II. — Choix des transformateurs. Étant donnée la diversité des fabrications qu'on peut entreprendre avec les fours à électrodes, il est toujours nécessaire d'envisager la possibilité d'obtenir au secondaire une gamme de tensions différentes ; on demande généralement 40-45-50-55-60 v et les doubles de ces valeurs 80-90-100-110-120 v. Les transformateurs sont généralement construits à puissance constante, ce qui est logique, puisqu'on a toujours intérêt, au point de vue du rendement global de l'installation, à utiliser toute la puissance disponible de la chute dans tous les cas

Pour déterminer ces transformateurs, on est donc conduit à calculer l'intensité, en partant de la plus faible tension, cette intensité disponible diminuant, pour les tensions supérieures, proportionnellement à l'augmentation de tension.

Toutefois, pour permettre une meilleure utilisation de la matière dans ces appareils, comme le fonctionnement normal des fours correspond presque toujours aux tensions moyennes et qu'on n'utilise que rarement les plus basses tensions, on préfère souvent calculer les transformateurs en se basant sur l'intensité correspondant à la tension moyenne, la puissance disponible reste constante pour les tensions plus élevées. On se contente d'une puissance plus faible aux plus basses tensions; cette puissance correspond seulement à l'intensité calculée pour la tension moyenne. On est ainsi amené à une construction de transformateurs plus rationnelle et moins chère.

Étant donnée la brutalité relative du fonctionnement des fours, il est bon de demander des transformateurs suffisamment réactants, de manière à limiter l'appel de courant dans le cas de mise en court-circuit des électrodes; on peut tabler généralement sur une chute de tension de 10 à 12 pour 100, à pleine charge, sous $\cos\varphi = 0{,}8$. Il est également bon de prévoir ces appareils pour une puissance supérieure à la capacité du four correspondant.

Pour se tenir dans des limites rationnelles, on établira les transformateurs pour une puissance de 15 à 20 pour 100 supérieure à la capacité du four. On déterminera le rendement de ces appareils de manière qu'il soit maximum à 3/4 de charge environ.

Naturellement, les rapports de transformations devront toujours s'entendre à pleine charge sous $\cos\varphi = 0{,}8$.

Le plus généralement le refroidissement des transformateurs est prévu par circulation d'eau.

III. — Montages a utiliser pour les transformateurs dans les différents cas. — 1° Si on installe des fours monophasés, il faut prévoir trois transformateurs monophasés constituant un système triphasé.

Le primaire de ce système est monté en triangle; les fours monophasés sont groupés en étoile, ce qui permet de diminuer considérablement le déséquilibre sur l'installation en cas d'arrêt d'un des fours monophasés.

L'installation de trois transformateurs monophasés est avantageuse en ce sens qu'il suffit de prévoir comme rechange un seul transformateur monophasé, tandis que, si on utilise des transformateurs triphasés, il faut envisager comme rechange un transformateur complet.

2° Dans le cas de fours biphasés, on utilise deux transformateurs monophasés dont le primaire, monté en Scott, est alimenté par le courant triphasé et dont le secondaire produit du courant biphasé.

3° Dans le cas de fours triphasés, on peut, pour les grandes puissances, utiliser, comme dans le premier cas, trois transformateurs triphasés dont le primaire est monté en triangle, les électrodes étant connectées en étoile.

Pour les faibles puissances ne dépassant pas 400 kw, on peut construire directement des transformateurs triphasés avec ou sans refroidissement par l'eau.

IV. — Fréquence. Étant donnée l'utilisation ultérieure, on choisira la fréquence 25 ou 50 suivant la nature du courant déjà employé dans la région. Les fours à électrodes fonctionnent parfaitement sous l'une ou l'autre de ces fréquences.

V. — Alternateurs. — Les alternateurs seront du type normal pour accouplement direct à des turbines hydrauliques, c'est-à-dire qu'ils devront être mécanique-

Digitized by Google

ment construits pour pouvoir supporter sans inconvénient la vitesse d'emballement des turbines.

Si on veut les utiliser ultérieurement pour un réseau de distribution, il vaut mieux les prévoir avec des chutes de tension normales et provoquer la limitation du courant en cas de court-circuit par les transformateurs.

VI. — Turbines. — Les turbines seront généralement du type à axe horizontal. Elles seront munies d'un régulateur agissant sur les aubes directrices et d'un déflecteur agissant automatiquement pour maintenir constant le débit de la conduite quelle que soit la charge débitée par les alternateurs. Le régulateur devra pouvoir être commandé électriquement depuis le tableau de distribution.

VII. — Excitatrices. — Il faut généralement éviter les excitatrices en bout d'arbre pour les alternateurs accouplés directement à des turbines hydrauliques. En effet, si, pour une raison quelconque, la turbine vient à s'emballer, la tension aux bornes de l'alternateur monte pour deux raisons, d'abord par suite de l'augmentation de fréquence de l'alternateur lui-même, ensuite à cause de l'augmentation de tension due à l'accélération de l'excitatrice.

Il est préférable de toujours prévoir un groupe indépendant d'excitation, soit par une turbine spéciale, soit par un moteur électrique. Toutefois, si, pour des raisons particulières, il n'est pas possible d'installer ce groupe indépendant, on peut utiliser néanmoins les excitatrices en bout d'arbre en prenant, par exemple, les dispositions ci-dessous :

L'accident d'emballement se présente généralement sous la forme suivante : deux ou plusieurs alternateurs étant en parallèle, la turbine de l'un d'eux vient à s'emballer. Pour limiter l'accident il faut :

1° Faire déclancher le disjoncteur de mise en parallèle de l'alternateur correspondant.

2° Introduire ensuite automatiquement une résistance supplémentaire dans le circuit d'excitation de l'excitatrice, de manière à limiter la surtension de l'alternateur due à son accélération. On obtient facilement le premier temps en disposant, en bout d'arbre des groupes, des limiteurs à force centrifuge, agissant sur les appareils de déclanchement des disjoncteurs correspondants.

On obtient le second temps en intercalant sur le circuit d'excitation de chaque excitatrice, en série avec le rhéostat d'excitation, une résistance plus grande ou au moins égale à celle de ce rhéostat. Un contacteur court-circuite en marche normale cette résistance ; dès que la tension aux bornes d'un alternateur atteint une valeur donnée au dessus de la valeur normale, un relais voltmétrique agit sur ce contacteur, le fait s'ouvrir et la résistance se trouve ainsi intercalée dans le circuit d'excitation de l'excitatrice. Il faut régler naturellement ces deux appareils de manière que l'alternateur soit séparé du réseau au moment de l'introduction de la résistance dans le circuit d'excitation de l'excitatrice.

VIII. — Réglage des électrodes d'un four. — Les électrodes sont en général suspendues par des treuils que l'on commande à la main, hydrauliquement ou électriquement.

Quand on utilise la commande électrique, on peut réaliser la régulation automatique de la façon suivante :

Les treuils sont commandés par moteurs électriques, ces moteurs sont mis en marche dans un sens ou dans l'autre d'après les indications données par les appareils de mesure.

On a appliqué avec succès à ce genre de réglage :

Le régulateur Thury (construit par les ateliers Guénod de Genève), et le régulateur Routin (construit par la Société industrielle des Téléphones). Avec ces régulateurs automatiques, il est facile, suivant les cas, de fonctionner à tension, à intensité ou à puissance constante. Le système de réglage à intensité constante est le plus employé et le plus sensible.

Rappelons que les principales causes d'usure des électrodes en charbon sont :

La dissociation sous l'action du courant électrique ;

La combinaison chimique du carbone de l'électrode avec l'oxygène des oxydes métalliques traités dans le four;

La dissolution de l'électrode dans le métal de formation ;

L'oxydation directe par l'oxygène de l'air.

IX. — Principes pour la construction du poste de transformation abaisseur. — Nous avons vu qu'il est intéressant d'utiliser une haute tension pour amener le courant jusqu'à proximité du four, puis d'abaisser cette tension par des transformateurs pour l'amener à la valeur nécessaire.

A partir de la sortie du secondaire des transformateurs, on a à capter de très fortes intensités. Pour économiser, autant que possible, le poids de cuivre nécessaire pour établir la liaison entre le secondaire du transformateur et les bornes du four, il est bon de respecter les principes suivants :

1° On doit construire le poste de transformation immédiatement contre le bâtiment du four; le mur de ce bâtiment séparant seul la salle du four de la salle des transformateurs.

2° Comme en général les prises de courant du four sont assez élevées au-dessus de la sole, il faut monter les transformateurs sur bâtis, de manière à réduire les faisceaux à des jonctions horizontales entre les bornes de sortie des transformateurs et les prises de courants des fours.

Cette disposition procure du reste, en même temps, un moyen de sortir facilement les transformateurs de leurs cuves pour des visites ou des réparations.

3° Il ne faut naturellement placer sur les canalisations basse tension, ni appareils de coupure, ni appareils de sectionnement ; les appareils de sécurité seront tous placés sur les circuits haute tension; les appareils de contrôle, branchés également sur la haute tension, pourront, à volonté, être gradués d'après les données de fonctionnement de la basse tension.

Digitized by Google

X. — Remarques générales sur les canalisations basse tension. — Il faut prendre de grandes précautions dans l'établissement de ces canalisations.

Pour les serrages, il faut se garder de faire des boucles fermées en métal magnétique autour des faisceaux; les tiges de serrage devront toujours être établies avec un métal non magnétique. Lorsque le bâtiment est construit avec charpentes en fer, il faut éviter de faire passer la canalisation à l'intérieur d'une boucle fermée constituée par ces charpentes et, si cela est inévitable, interposer sur le trajet de cette boucle une partie en métal non magnétique.

Les barres doivent être sandwichées sur le plus grand parcours possible. Entre les barres des faisceaux, on doit ménager des intervalles pour permettre le refroidissement par circulation d'air. Dans les pièces de cuivre ou de bronze non refroidies par un moyen artificiel, il est bon de ne pas admettre une densité de courant supérieure à 1 ou 1,2 A : mm²; pour les pièces refroidies artificiellement, cette densité peut être portée à 1,5 ou 2 A.

Aux contacts métalliques, il ne faut pas dépasser pour le cuivre une densité supérieure à 5 A : cm² de surface de contact, les surfaces étant bien ajustées et non étamées.

Rappelons, pour terminer ces quelques considérations, que les fours électriques à électrodes peuvent être employés en métallurgie pour les principales opérations suivantes :

1° Obtention des aciers spéciaux au creuset;

2° Obtention des aciers ordinaires par les diverses formules de travail du procédé Martin;

3° Obtention de la fonte, dite synthétique, en utilisant les tournures d'acier par le procédé de M. Keller.

Notre pays est heureusement riche en chutes d'eau, mais jusqu'ici une faible partie seulement en a été utilisée. Il est inutile d'insister sur la nécessité immédiate d'exploiter complètement cette richesse naturelle de notre sol. Les circonstances poussent aujourd'hui à employer l'énergie hydraulique pour des fabrications électrométallurgiques.

Nous venons de montrer que, en admettant même que ces fabrications ne puissent être continuées dans un avenir plus ou moins lointain, il est toujours possible, en établissant judicieusement le projet d'installation d'une station hydro-électrique, de prévoir l'alimentation ultérieure d'un réseau de force motrice.

Étant donnée la facilité avec laquelle on fait actuellement des transports de force à très haute tension (il existe aujourd'hui en Europe un assez grand nombre d'installations à 65 000 et 70 000 v, et les Américains vont couramment jusqu'à 100 000 et au delà), il sera toujours possible, en combinant la marche en parallèle de plusieurs chutes, si éloignées qu'elles puissent être des centres régionaux de consommation, d'amener l'énergie électrique jusqu'à ces centres.

La marche en parallèle de plusieurs stations électriques, même assez éloignées les unes des autres, n'offre aucune difficulté.

Il est à souhaiter, à cause de notre pauvreté relative en mines de houille, qu'une véritable croisade s'organise en France pour équiper toutes les chutes d'eau disponibles, qu'elles soient classées dans la catégorie dite de la houille blanche ou de la houille verte, et pour les utiliser au mieux des besoins des régions favorisées qui en possèdent.

J. Piernet.

Les accidents de surtension [1]

L'étude théorique et expérimentale de la distribution des tensions de spire à spire, dans les enroulements industriels ou dans les résonnateurs de laboratoire, montre qu'il existe des différences considérables d'une spire à l'autre. Il est montré, d'autre part, que, par résonance, les valeurs absolues des tensions appliquées en un point d'un circuit peuvent être portées, en d'autres points, à des chiffres dépassant toute limite. Ces surtensions locales, qu'elles s'appliquent aux quantités $\frac{dE}{dl}$ *(variation linéaire) ou E (tension en un point) doivent, en général, être évitées ou limitées. Divers procédés, destinés à atteindre ces résultats, sont indiqués sommairement.*

Amortissement et détermination des constantes. — Une autre indétermination de la plus haute importance provient de l'incertitude des valeurs à attribuer aux résistances et aux selfs linéaires des enroulements de nos alternateurs.

La transmission des ondes se fait avec une vitesse

$$v_k = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon\mu}} \sqrt{\frac{1}{\gamma^2\lambda} - \frac{4\pi^2 l^2}{\pi^2 (2K+1)^2}},$$

où K est lié au rang m de l'harmonique par la relation

$$m_k = (2K + 1),$$

($K = 0$ pour l'harmonique fondamental.)

En pratique, l'on admet une vitesse de transmission uniforme : on la prend égale à celle de l'onde fondamentale, soit

$$v = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon\mu}} \sqrt{\frac{1}{\lambda\gamma}},$$

[1] Voir la *R. G. E.* du 10 février et du 17 février, t. I, p. 215-219 et 267-274.

Digitized by Google

Cette vitesse est inférieure à celle des harmoniques supérieurs.

ε et γ sont supposés indépendants de la fréquence;

μ diminue à mesure que la fréquence augmente.

La valeur de μ est extrêmement malaisée à déterminer. Elle intervient dans les formules par le rapport

$$\frac{r}{\omega\lambda}$$

qui, pour le cas d'un conducteur droit indéfini, en cuivre ou en fer, tendu dans un milieu magnétique ou non, tend vers l'unité pour les hautes fréquences qui nous occupent. Cette valeur intervient ensuite dans la détermination de λ qui, pour une seule spire enveloppant une tôle d'épaisseur h, serait, en courant continu de :

$$\lambda_c = 8\pi\mu h$$

et qui, à fréquence élevée du fait de la production des courants de Foucault dans les tôles, se trouve considérablement diminuée.

Les densités de courant et les inductions sont, en effet, entièrement localisées à la surface des tôles et, pour les fréquences que nous considérons, l'on peut, sauf grande erreur, admettre :

$$\omega\lambda = \lambda_c,$$

ce qui, pour des fréquences de 500, suppose déjà

$$\mu = 1.$$

L'on admet souvent que le produit

$$\frac{1}{\sqrt{\varepsilon\mu}} = \frac{1}{\gamma},$$

lorsque la propagation en régime variable se fait entièrement à l'intérieur du câble, l'un des torons servant à l'aller, et un autre servant au retour, de façon à n'intéresser que faiblement l'armure que l'on suppose en métal magnétique. C'est le cas de la propagation d'un court-circuit entre torons.

Cette valeur

$$\frac{1}{\sqrt{\varepsilon\mu}}$$

est beaucoup plus incertaine encore dans le cas où la transmission ne se fait à l'intérieur du câble que par un seul toron, le retour ayant lieu en dehors du câble par la terre ou par un câble voisin. L'armure est soumise, dans cette hypothèse, à l'effet magnétisant du courant variable.

Nous avons admis précédemment 1/10 pour la valeur

$$\frac{1}{\sqrt{\varepsilon\mu}}.$$

C'est cette valeur, ou toute autre moins arbitraire, qui doit être appliquée dans le cas d'une terre sur un câble, le phénomène se propageant en même temps à l'intérieur et à l'extérieur du câble supposé limité par l'armure magnétique.

Quant à l'amortissement

$$\alpha = \frac{r}{2\lambda},$$

il varie en même temps avec r et λ, l'une et l'autre de ces valeurs dépendant de μ.

Steinmetz donne des formules très simples déterminant la résistance et la réactance des conducteurs à haute fréquence dans l'hypothèse d'un conducteur infiniment long sans conducteur de retour.

La résistance effective se compose :

1° De la résistance dite thermique, qui est fonction des dimensions du conducteur, de la fréquence, de ses constantes spécifiques ainsi que de la perméabilité.

Cette résistance thermique r_1 peut s'écrire :

$$r_1 = \frac{1,98}{lc_1}\sqrt{\frac{\mu f}{c}}\,10^{-6},$$

lc_1 représentant la longueur de la circonférence à la périphérie du conducteur;

μ, sa perméabilité;

f, la fréquence;

et c, la conductivité.

2° De la résistance de radiation qui est indépendante des dimensions et des qualités spécifiques du conducteur. Sa valeur :

$$r_2 = 1,97 \times f \times 10^{-8}.$$

A ces valeurs correspondent des réactances x_1 et x_2 qui sont :

$$x_1 = r_1 \qquad \frac{1,98}{lc_1}\sqrt{\frac{\mu f}{c}}\,10^{-6},$$

$$x_2 = 4\pi f\left(\log_e\frac{v}{lc_1 f} - 0,5772\right)10^{-9},$$

v étant la vitesse de propagation du courant.

Ces formules supposent un conducteur infiniment long et complètement indépendant au point de vue électrique ou magnétique de tout conducteur voisin. Pas de conducteur de retour par conséquent. Un conducteur horizontal tendu parallèlement au sol ne satisferait qu'imparfaitement aux conditions imposées ci-dessus.

Ces formules sont évidemment bien moins valables encore dans le cas d'un enroulement d'alternateur ou de transformateur; il y a lieu de leur appliquer des coefficients de correction de valeurs très incertaines, mais qui peuvent être considérables.

Imaginons une bobine composée de plusieurs spires en série : la répartition du courant dans chacune des sections n'est guère influencée par la présence des spires voisines; l'augmentation de la résistance due à l'effet pelliculaire et à la radiation dans le milieu ambiant peut continuer d'être représentée par les for-

Digitized by Google

mules précédentes. On peut dire approximativement que le voisinage du conducteur 2 a pour effet de rendre plus dense le courant dans la zone des contacts des deux spires et de diminuer cette densité dans les parties éloignées.

Au point de vue self-inductance, il n'en est plus de même. Le flux magnétique, dû au courant passant dans le conducteur *1*, balaie toute la surface du conducteur 2 et réciproquement; la self-inductance de l'ensemble des

Fig. 11.

spires s'en trouve donc augmentée, et, dans une première approximation, on peut multiplier la self-inductance résultant des formules ci-dessus par un coefficient égal au nombre de spires composant la bobine.

Nous appliquerons néanmoins ces formules telles quelles, parce que nous voulons nous en tenir aux cas limites dans la recherche des surtensions qui sont susceptibles de se produire de spire à spire le long des enroulements des alternateurs; nous analysons, en effet, ces phénomènes uniquement en tant que possibilité de leur manifestation et non quantitativement.

Si nous appliquons les deux formules ci-dessus aux deux cas limites où :

a) r_1 et x_1 ont les valeurs usuelles applicables aux basses fréquences (r_2 et x_2 étant nuls) et où :

b) r_1, r_2, x_1, x_2 prennent les valeurs déduites sans corrections des formules ci-dessus pour :

$$f = \frac{300\,000\,000}{4 \times 250 \times 2} = 150\,000 = 15 \times 10^4,$$

la tension E peut prendre respectivement les valeurs :

a) $11\,500 \times E_1$, avec $\frac{dE}{dl}$ par mètre courant $= 1750\,E_1$;

b) $1 \times E_1$, c'est-à-dire pas de surtensions, quel que soit p, avec $\frac{dE}{dl}$ uniforme et égal à $15{,}5$ v.

La réalité est intermédiaire sans doute entre ces deux valeurs limites, et en appliquant la correction élémentaire indiquée plus haut, suivant laquelle la résistance à introduire dans les formules est celle qui est relative à la fréquence de l'oscillation, comme il est indiqué plus haut, et où la self-inductance est celle qui résulte de ces mêmes formules multipliée par 7 qui est le nombre de spires qui compose une bobine d'alternateur, l'on arrive à une valeur

$$\frac{\Delta E}{\Delta l} = 0{,}057\,E_1,$$

Δl étant égal à 1 m, et $E_1 = 2\,000$ v, soit pour 14 m qui est la longueur d'une bobine :

$$\frac{\Delta E}{\Delta l} = 1600 \text{ v}.$$

Ce chiffre explique le claquage de spire à spire.

La complexité du circuit comprenant des bobines à spires multiples, partiellement noyées dans des masses en fer feuilleté, soumis à de multiples influences voisines, inductions mutuelles, électrostatiques et électromagnétiques, courants de Foucault et hystérésis diverses, fait que le problème de l'étude du régime variable devient inextricable.

Les applications numériques ci-dessus n'ont donc qu'une valeur toute conventionnelle.

Il y a à retenir surtout que la décroissance du voltage E, le long du conducteur, au lieu de suivre la loi linéaire, qui donnerait

$$\frac{dE}{dl}$$

constant, suit une loi plus complexe représentée par une courbe dont le carré se compose du carré d'une sinusoïde hyperbolique, à laquelle se superpose le carré d'une sinusoïde trigonométrique.

La quantité

$$\frac{dE}{dl}$$

devient variable d'un point à un autre et est susceptible de prendre des valeurs dangereuses pour l'isolation des bobines de spire à spire; d'où claquage localisé d'une bobine isolée ou de quelques spires de cette bobine.

Nous rappelons qu'en exploitation courante, de semblables claquages en plein corps des appareils ne sont nullement exceptionnels.

Dans le résonnateur Oudin, on produit, en l'insérant dans un circuit à grande fréquence, des nœuds et des ventres de tension, ces derniers d'amplitudes diverses. On rend aisément visibles ces ventres par la luminosité plus ou moins grande des aigrettes qui se produisent sur des bouts de fils nus qui sont soudés perpendiculairement à l'axe de la bobine.

Creighton relate, d'autre part, cette expérience originale qu'un transformateur, soumis à une différence de potentiel à périodicité élevée et comportant un certain nombre de bobines, donnait lieu à une répartition des voltages nullement proportionnelle au nombre de spires ou au nombre de bobines : une bobine de milieu accusait une différence de voltage trois fois plus forte que l'une des bobines extrêmes.

La vérification expérimentale de la transmission par ondes de longueur

$$\frac{4l}{v}$$

avec une vitesse v, sur un conducteur homogène, brusquement soumis à la différence de potentiel E_m, a été faite par W. Wagner, il y a plusieurs années déjà; le conducteur comprenait des résistances, des selfs-inductances et des capacités uniformément réparties ou concentrées en

Digitized by Google

un point. L'accord a toujours été parfait entre la théorie et la pratique.

Faccioli a pu observer directement à l'oscillographe des ondes de charge sur de longues lignes aériennes isolées à leur extrémité et sur lesquelles il fermait l'interrupteur général de ses usines génératrices (ligne de la Central Colorado Power C°).

Les considérations théoriques qui précèdent ne trouvent que partiellement leur application pratique, dans le cas de la fermeture brusque d'un interrupteur sur un réseau, fût-il à circuit ouvert. Les ondes de charge qui se produisent au moment de la fermeture des circuits sont beaucoup moins accusées et par conséquent beaucoup moins dangereuses que les ondes de décharge qui se manifestent au moment des terres ou des courts-circuits.

1° Parce que le phénomène n'a la netteté indiquée par les diagrammes, que pour autant que la source d'énergie, sur laquelle on branche le circuit, soit de puissance indéfinie, ou ne soit pas influencée par la fermeture de l'interrupteur. Pour reproduire le phénomène avec quelque chance de réussite, il est indispensable, qu'avant l'interrupteur, côté source, se trouve branchée une forte capacité.

Pratiquement ces conditions théoriques de puissance indéfinie de la source se trouvent réalisées dans le cas où il se produit une terre ou un court-circuit. La source de puissance indéfinie qui se trouve brusquement mise en relations avec le conducteur en essais a pour tension $-E_m$.

2° Parce que, au moment d'une fermeture par interrupteur, le train d'ondes de charge ne se produit qu'une fois, et en général avec un amortissement considérable, tandis que, en cas de court-circuit ou de terre, l'onde de décharge s'annule deux fois par période pour reprendre aussitôt.

La période à considérer est celle, non de la source, mais du circuit oscillant constitué par les éléments du réseau intéressé, les parafoudres et la terre accidentelle.

Les impulsions répétées, dues aux surtensions de ces ondes de décharge, finissent par avoir raison des isolants, là où un train d'ondes unique, de même amplitude, n'aura laissé aucune trace.

Mesures de protection. — Rappelons les remarques si judicieuses de M. Potier qu'il y a lieu de considérer et de définir, en quelque sorte comme normales, les surtensions dues aux manœuvres courantes, aux incidents d'exploitation et aux menus accidents journaliers. Les câbles et les divers appareils de la distribution doivent résister, sans réserves, aux surtensions de ce genre.

Mais il serait exagéré, il n'est pas possible même, de réclamer de tous les éléments du circuit qu'ils soient capables de résister aux surtensions dues à des causes anormales, à ces incidents de gravité particulière, tels que les courts-circuits francs, les mises à la terre brutales des câbles de haute tension, les faux couplages, etc., qui peuvent entraîner des surélévations de tension au delà de toute limite.

Ce rôle doit être dévolu à des appareils spéciaux, dont l'étude et la conception sont beaucoup trop négligées dans les installations de distribution, même les plus modernes. Les constructeurs se sont surtout préoccupés des moyens à employer pour protéger les transformateurs de grande puissance contre des surtensions qui se produisent, pour les raisons énoncées plus haut et pour d'autres encore, au moment de la fermeture brusque de l'interrupteur de commande.

Pour parer aux effets destructifs résultant de cette surtension de mise en service, on munit souvent les interrupteurs de résistances en toile métallique, dites résistances de choc, qui sont insérées pendant un temps très court, avant sa fermeture et par la manœuvre même de l'interrupteur, dans le circuit du transformateur.

Les transformateurs, en général, ont les galettes, côté entrée, au nombre d'une, de deux ou de trois surisolées; ces galettes, à fort isolement, de spire à spire surtout, constituent des bobines de choc.

Dans les alternateurs, il faudra se préoccuper, de même, de l'isolement de spire à spire.

Les enroulements des alternateurs manquent généralement de rigidité, ils sont soumis à des vibrations continuelles; ils sont constamment balayés par le courant d'air des inducteurs dont les pièces polaires saillantes ont un effet de ventilation des plus énergiques; enfin, et c'est là le point important, ils sont sujets à des déplacements brutaux et répétés causés par des courts-circuits de réseau, ainsi que par le choc électromagnétique résultant du courant synchronisant qui se produit au moment des couplages peu précis.

Ces divers frottements et frictions de déplacement peuvent finir par user les couches isolantes de coton et dénuder par endroits les spires voisines.

Cet effet est particulièrement à craindre dans les parties intérieures des tubes, au travers desquels passent les bobines; par manque de refroidissement et sous l'influence d'un courant de régime quelque peu poussé, la tresse et le guipage de coton qui constituent généralement tout l'isolement de la spire, peuvent perdre toute ténacité, subir une dessiccation qui prend les apparences d'une carbonisation et devenir friables.

Il faudra donc, avant tout, donner de la rigidité aux bobines d'alternateurs et les fixer de façon convenable. Il faudra ensuite réisoler les spires, si les circonstances le permettent, en les imprégnant d'une matière isolante compound, coulée à chaud; il faudra même, sans hésitation, remplacer tous les enroulements anciens, quelque peu culottés, par des bobines rigides, imprégnées, faites d'avance sur gabarit, et composées de spires à très fort isolement.

Cette façon de faire a l'avantage de soustraire les enroulements aux effets destructeurs dus à l'ionisation qui deviennent particulièrement nocifs, dès que les tensions atteignent de 8 000 à 10 000 v. L'ionisation faisant intervenir l'air qui baigne les isolants textiles non préparés par une imprégnation préalable, n'existe plus dans ces bobines compactes formant un tout, d'où l'air aura été chassé avec soin et qui ne présenteront ni fissures,

Digitized by Google

ni pores susceptibles de donner passage à de l'air ou d'en renfermer une certaine quantité.

Il y aura lieu ensuite d'empêcher les surtensions et les ondes à front raide d'aborder les alternateurs qui, dans toutes les installations de distribution, sont toujours les éléments les plus mal isolés. Il faudra éviter aussi d'intercaler sur le parcours des feeders et dans le voisinage immédiat de l'usine génératrice, des selfs-inductances de très faible inductance, qui, étant mises en série avec les barres omnibus, sont susceptibles de faire résonner les ondes de surtension dues à des terres ou à des courts-circuits de réseau, lesquels sont toujours à très grande fréquence.

Il faudra également écouler à la terre, et de conducteur à conducteur, les surtensions accidentelles dangereuses pour la conservation des câbles et des éléments de la distribution. On installera, dans ce but, de distance en distance, de nombreux postes de limiteurs de tension, que nous conseillons de relier directement à la terre avec interposition de fusibles de faible calibre, on pourra éventuellement protéger ces limiteurs contre un excès même momentané de courant, en les munissant de résistances solides et invariables, de grandeur modérée — quelques dizaines d'ohms — suivant les caractéristiques du réseau de distribution.

Gino Campos propose, comme protection contre les tensions de haute périodicité, d'augmenter considérablement l'amortissement des oscillations à grande fréquence. Il enduit les conducteurs d'une faible couche électrolytique de matière à haute résistance ohmique. Il installe aussi, sur le parcours des lignes, des bobines avec secondaires fermés sur résistances ohmiques, des selfs-inductances shuntées sur résistances ohmiques, des condensateurs en série avec des résistances, ainsi qu'une combinaison de ces divers artifices.

Dans des expériences de laboratoire, on a constaté des atténuations de surtensions allant de 65 pour 100 à 99,5 pour 100 pour des périodicités de 50 000 à 500 000.

La pratique n'a pas sanctionné, jusqu'à ce jour, ces résultats.

Steinmetz, dans un brevet tout récent, propose d'éviter les résonances locales dans les enroulements de gros transformateurs, en composant ceux-ci de bobines qui comprennent un nombre différent de spires et en associant ces bobines de diverses manières, en quantité et en série. Les enroulements ne sont plus homogènes, et les diverses bobines voisines, ayant une périodicité naturelle d'oscillations différente de l'une à l'autre, limitent, par interférences et par amortissement, l'amplitude des ondes, qu'elles pénètrent dans les enroulements par les bornes extérieures ou qu'elles prennent naissance dans les groupes de bobines.

Feldmann et Herzog indiquent que les pertes par hystérésis et courants de Foucault dans l'enveloppe des câbles armés sont quarante fois plus grandes que dans le conducteur même pour les oscillations à grande fréquence. L'amortissement dans les câbles armés est donc relativement élevé, mais l'énergie disponible dans ces câbles peut atteindre six cents fois celle qui correspond aux câbles non armés.

Pour éteindre les oscillations par un amortissement rapide, comme aussi pour éviter que les selfs-inductances des bobines de déclanchement, des transformateurs de mesure, des wattmètres, compteurs et ampèremètres, ne résonnent avec la capacité des barres omnibus et des alternateurs qui y sont reliés, Petersen shunte ces bobines par de petites résistances en graphite de quelques ohms.

Nous avons foi, quant à nous, en l'action encore trop peu utilisée et trop peu connue, de condensateurs de forte capacité, installés à l'usine même, sur les barres omnibus.

Pour que son action soit efficace, il faut que la capacité de protection soit prise assez grande.

Guilbert démontre (*Ecl. électrique*, 1906) que la capacité critique, dont l'installation aux bornes des alternateurs empêcherait sûrement la résonance de l'harmonique fondamental, et qui aurait pour effet, par sa présence, de réduire la tension de cet harmonique, atteindrait des valeurs pratiquement inadmissibles, soit plusieurs centaines de microfarads.

Il faudra donc se résoudre à consentir, par l'adjonction d'une capacité de protection, une légère surélévation de tension des diverses composantes harmoniques.

Cette capacité ne devant représenter qu'un faible pourcentage de la capacité totale du réseau, son adjonction aux barres de départ de l'usine ne modifie guère les conditions primitives de résonance des ondes forcées.

Un petit calcul élémentaire pourra présenter de l'intérêt dans chaque cas particulier et renseignera sur le degré de renforcement ou d'aggravation des premiers harmoniques, qui sont de rang 5 et 7, 11 et 13, 17 et 19 dans les distributions par courant triphasé.

Supposons que l'on ferme brusquement une source d'énergie indéfinie, au potentiel E sur un circuit comprenant une ligne de résistances d'ondes W_1, une self-induction L et une capacité C, et admettons que, en dérivation aux bornes de la capacité soit prise une ligne ou un ensemble de lignes de résistance caractéristique W_2 suivant le schéma de la figure 12.

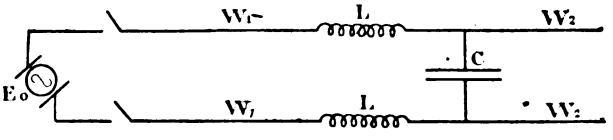


Fig. 12.

L'onde de tension qui se développera aux bornes de la capacité C sera de la forme :

$$E_c = 2E_0\left(\frac{W_1}{W_1+W_2}\right) + Ae^{at} + Be^{bt}.$$

Les expressions de A, B, a et b, de forme assez compliquée dans le cas général, se simplifient quand W_2 est grand par rapport à W_1, ce qui est le cas d'une installation d'alternateurs débitant sur des barres omnibus.

Digitized by Google

Dans cette dernière hypothèse

$$a = -1/2\left(\frac{W_1}{L} + \sqrt{\frac{W_1^2}{L^2} - \frac{4}{CL}}\right),$$

$$b = -1/2\left(\frac{W_1}{L} + \sqrt{\frac{W_1^2}{L^2} - \frac{4}{CL}}\right),$$

$$A = 2E_0\frac{1 + b^2LC}{(a^2 - b^2)\,LC}, \qquad B = 2E_0\frac{1 + a^2LC}{(b^2 - a^2)\,LC}.$$

Pour rendre la décharge progressive il suffit que

$$\frac{W_1^2}{L^2} > \frac{4}{CL}.$$

La décharge devient oscillante si a et b sont des quantités complexes. La formule à appliquer devient dans ce cas

$$E = 2E_0\,[1 + 2l^{-\alpha t}(D\cos\beta t + F\sin\beta t)],$$

$$a = -\alpha + j\beta,\ b = -\alpha - j\beta,\ A = (D - jE)2E_0,\ B = (D + jE)2E_0;$$

a, b, A et B conservent leur signification antérieure.

Examinons les divers cas qui se présentent à notre usine.

Nous supposons :

1° Qu'une onde de tension arrive à l'usine, directement, sans passer par les survolteurs et ne rencontre qu'une self-inductance de faible importance

$$L = 2 \times 10^{-6}\ \text{h},$$

qui est celle d'un transformateur de courant monté sur les interrupteurs automatiques.

2° Nous supposons que cette onde frappe et traverse un survolteur de self-inductance

$$L = 8 \times 10^{-4}\ \text{henry},$$

et passe ensuite au travers du transformateur de courant dont nous pourrons négliger la valeur en regard de celle de la self-inductance du survolteur.

Essayons les deux valeurs :

$$C = 1 \times 10^{-6}\ \text{f} \quad \text{et} \quad C = 5 \times 10^{-6}\ \text{farad}$$

pour les capacités de protection.

W_1 étant égal à 50 ohms.

a, b, A et B prennent successivement les valeurs :

	$L = 2\times10^{-6}$ $C = 1\times10^{-6}$	$L = 8\times10^{-4}$ $C = 1\times10^{-6}$	$L = 2\times10^{-6}$ $C = 5\times10^{-6}$	$L = 8\times10^{-4}$ $C = 5\times10^{-6}$
a.....	-25×10^{6}	$1/2\,(62500 + 33071\,j)$	-25×10^{6}	-58×10^{3}
b.....	-20×10^{3}	$-1/2\,(62500 - 33071\,j)$	-39061	-2148
A.....	$2E_0\times8{,}1\times10^{-2}$	$2E_0\,(0{,}5 - 0{,}95\,j)$	$2E_0\times16\times10^{-5}$	$2E_0\times7{,}1\times10^{-2}$
B.....	$2E_0\times1{,}0008$	$2E_0\,(0{,}5 + 0{,}95\,j)$	$2E_0\times1{,}00016$	$2E_0\times1{,}0754$

Dans la deuxième hypothèse

$$L = 8 \times 10^{-4},\ C = 1 \times 10^{-6},$$

la décharge est donc oscillante.

Si nous installons une capacité de protection

$$C = 5 \times 10^{-6}\ \text{f},$$

la charge de condensateur de protection sera progressive et la variation instantanée maximum aux bornes de l'alternateur ne dépassera pas :

$$1{,}015\ E_0.$$

Cette capacité de 5 microfarads protège donc les enroulements de façon certaine contre les ruptures d'isolement de spire à spire, dues au choc de l'onde de surtension à front raide.

Nous donnons (fig. 13 et 14) la reproduction de deux diagrammes empruntés aux études de W. Wagner, et valables pour le cas où le circuit serait frappé par une onde rectangulaire indéfinie de hauteur E_1 la self-inductance L étant négligée.

Lorsque la source d'énergie envoie par suite de réflexions au bout d'un premier câble de longueur l une succession d'ondes rectangulaires de longueur $2l$ et d'amplitude $2E_1$ et dans l'hypothèse où la self-inductance de la

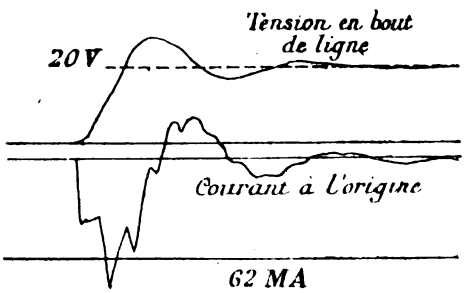


Fig. 13.

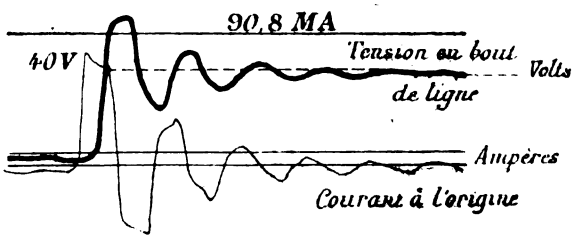


Fig. 14.

Digitized by Google

ligne serait négligée, l'allure des variations de potentiel aux bornes de la capacité peut se représenter par les schémas figures 15, 16 et 17 (Petersen).

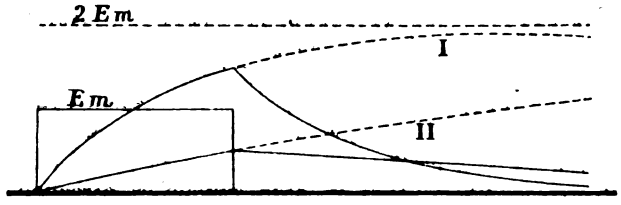


Fig. 15.

Pratiquement, ces fortes capacités industrielles ne sont réalisables qu'à grands frais, elles exigent des

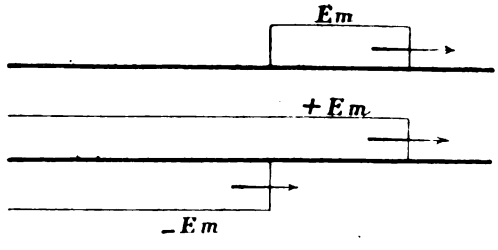


Fig. 16.

emplacements considérables et leur installation serait sans aucun doute difficile et compliquée.

L'expérience vaudrait néanmoins d'être tentée.

Il serait bon, enfin, d'introduire dans les conditions de fourniture des alternateurs une clause supplémentaire aux termes de laquelle on exigerait que les premières bobines du côté de l'entrée fussent des bobines de choc, spécialement isolées de spire à spire et à la masse, à l'instar

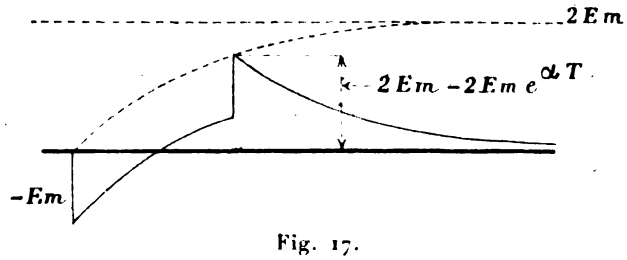


Fig. 17.

de ce que l'on exige pour les transformateurs modernes.

Résumons-nous en concluant que les surtensions qui se manifestent dans les usines de production d'énergie, dans les grandes stations réceptrices ou dans les sous-stations, par suite de courts-circuits en ligne ou de rupture de l'isolation à la terre, peuvent provoquer les accidents les plus graves, par la grandeur de leurs effets, la durée des chômages et l'importance des dégâts qu'ils sont susceptibles d'occasionner. Leur étude forme un chapitre spécial de la technique des distributions d'électricité.

Elle est à peine amorcée.

J. Sarolea,
Directeur technique de la
Société lyonnaise des Forces motrices du Rhône

La résistance mécanique des poteaux en bois

Dans cette deuxième partie, l'auteur s'occupe des poteaux renforcés : haubannés sur eux-mêmes ou sur ancrage, jumelés et contrefichés. Par la discussion des formules établies antérieurement, il fait ressortir les avantages et les points faibles inhérents à chaque mode de renforcement. Il conclut qu'il lui paraît plus logique de déterminer au préalable la résistance du type de poteau dont il aura à se servir et à le renforcer quand c'est nécessaire, que de suivre la marche inverse consistant à évaluer d'abord la grandeur des efforts auxquels sera soumis un poteau et à en déduire ensuite la section.

II. Poteaux renforcés. — Dans une ligne en courbe, si cette courbe devient quelque peu prononcée et si les conducteurs ont un diamètre supérieur à 30 ou 40 dixièmes de millimètre, on constate qu'on dépasse rapidement les efforts maxima à la flexion admissibles. C'est ainsi que nous avons montré que, pour une ligne diphasée en 38 mm², le poteau de 12 m est déjà juste en alignement droit. A la moindre déviation de la ligne il deviendra insuffisant.

On peut d'ailleurs se rendre compte facilement de la valeur de la résultante R des efforts de traction en fonction de l'angle de déviation α de la ligne (fig. 6), en remarquant que, si l'on admet pour simplifier que les deux tractions sont égales à T, on a :

$$R = 2\,T \sin \frac{\alpha}{2}$$

et que le facteur $2 \sin \frac{\alpha}{2}$ a pour valeur :

Valeurs de l'angle α.....	5°	10°	15°	20°	25°	30°	40°	50°	60°
Valeurs de : $2 \sin \frac{\alpha}{2}$.....	0,088	0,174	0,262	0,348	0,432	0,518	0,684	0,846	1

Digitized by Google

On est alors fréquemment amené à *renforcer* les supports. Pour cela plusieurs procédés sont employés que nous examinerons successivement : poteaux *haubannés sur eux-mêmes*, poteaux *haubannés à un point solide extérieur* ou ancrage, poteaux *jumelés*, poteaux *contrefichés*.

1° Poteaux haubannés sur eux-mêmes. — En tête du poteau A (fig. 7) on attache un câble d'acier qui vient passer sur une ferrure CE et se fixer ensuite vers la

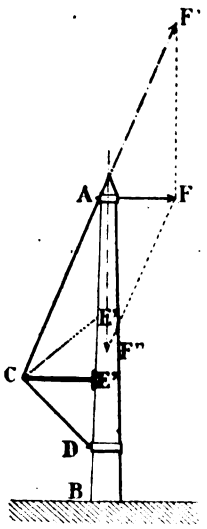


Fig. 7.

base de l'appui sur un collier posé en D. Souvent on consolide la ferrure CE par une jambe de force CE' et on munit le hauban d'un tendeur afin de permettre un réglage plus commode.

On voit immédiatement que l'effort horizontal F excercé en A peut être décomposé en deux autres dont l'un AF'' s'exerçant verticalement fera travailler le poteau à la compression, et l'autre AF' suivant le hauban, dans la direction CA, tirera sur le point D en comprimant la ferrure CE.

Mais on remarquera *que l'on n'augmente en rien la résistance du poteau*, car on n'influe nullement sur le travail à la section de rupture en B. On a simplement constitué un solide indéformable ACD et évité ainsi la flexion du poteau, ce qui peut d'ailleurs être intéressant. En revanche, on ne sera pas prévenu, par une flexion exagérée, d'un effort trop grand et le poteau, si la limite est dépassée, se rompra brusquement entre D et B.

Aussi n'est-ce qu'un procédé de consolidation *apparente* qui ne doit trouver son application que dans certains cas tout à fait particuliers.

Le calcul de la section à donner au hauban est facile ; l'effort F décomposé suivant la direction CA donne une composante AF' dont la valeur est déterminée par la relation géométrique :

$$\frac{AF'}{AC} = \frac{F}{CE},$$

d'où :

$$AF' = F\frac{AC}{CE}.$$

Connaissant AF', on détermine la section du hauban, généralement constitué par un câble d'acier, en admettant un travail maximum de 38 à 40 kg : mm².

On pourra de même calculer l'effort de compression sur CE et l'effort de traction sur le collier D en ramenant le point d'application de la force AF' en C et la décomposant à son tour en deux suivant les directions CE et CD.

2° Poteaux haubannés sur ancrage. — Dans la pratique, l'usage d'un hauban ancré dans le sol à 2 m ou 3 m du pied du poteau (fig. 8) est fort rare ; en outre il est peu sûr, le hauban pouvant être coupé par malveil-

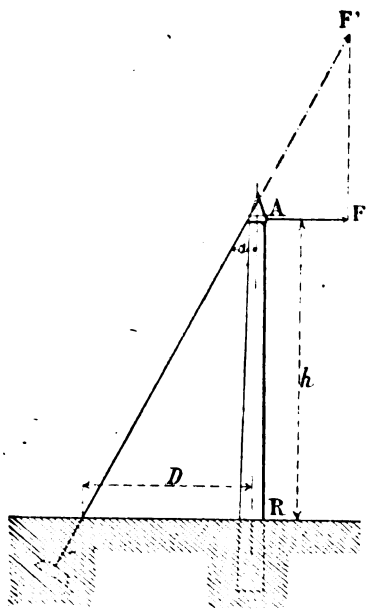


Fig. 8.

lance, ou cassé par inadvertance ; dans les traversées de villages, en revanche, on peut trouver l'application du hauban ancré à un immeuble voisin.

Si F est la résultante des efforts horizontaux, F' la composante suivant la direction du hauban, supposé dans le plan vertical de la résultante, α l'angle du hauban avec le poteau, enfin D l'écartement de l'ancrage du pied du poteau, on aura :

$$F' = \frac{F}{\sin\alpha} = F\sqrt{1+\left(\frac{h}{D}\right)^2}.$$

Le maximum de la valeur de F' correspond au cas du hauban horizontal ; on a alors $F' = F$.

Connaissant F, on peut donc en déduire facilement l'effort de traction sur le hauban et, par suite, la section

Digitized by Google

à donner à celui-ci (en se basant, comme déjà indiqué, sur un travail maximum du câble d'acier de 38 à 40 kg : mm²).

Dans le cas où on ne pourra trouver aucun point d'attache solide sur un immeuble voisin, il faudra recourir à un ancrage, constitué par une plaque de fonte de 35 à 40 cm de diamètre (ou à défaut par deux pièces de bois réunies en croix), qu'on placera au fond d'une fosse de 1,50 m de profondeur environ ; on remplira avec de la terre et des cailloux soigneusement pilonnés, et pour parfaire l'ouvrage, il est même bon de couler ensuite, au travers, du ciment très liquide.

On pourrait d'ailleurs — et il serait bon de le faire en cas d'efforts importants — calculer, au moins approximativement, la surface d'ancrage nécessaire ; on admet pour cela que l'ancrage complet est constitué par le poids du bloc de terre, de forme pyramidale renversée, ayant pour base l'ancrage et dont les faces latérales sont inclinées à l'angle d'éboulement naturel du terrain.

3° Poteaux jumelés. — Si le système de consolidation précédent est, somme toute, d'une application peu courante, en revanche le *poteau jumelé*, surtout depuis quelques années, est de plus en plus en faveur parce qu'il possède l'avantage de présenter une très grande résistance, alliée à un encombrement très restreint, ce qui n'est le cas ni du poteau haubanné, ni du poteau contre-fiché.

Les poteaux jumelés (appelés poteaux *accolés* par le service des télégraphes) consistent dans la juxtaposition de deux poteaux liés ensemble par trois ou quatre boulons de façon à former un solide unique.

Il est bien évident que, si la résultante des efforts est dirigée perpendiculairement à la ligne des centres, la force de résistance de l'ensemble est simplement doublée ; mais si cette résultante agit dans le sens même de la ligne des centres, il en est tout autrement. Soient, en effet, P et P' les deux poteaux (fig. 9) ; la formule (5),

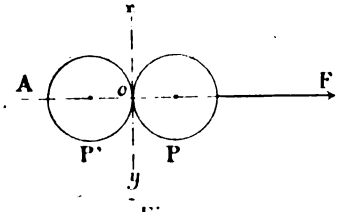


Fig. 9.

donnée plus haut et qui constitue l'équation de résistance d'un poteau, peut s'écrire :

$$R = Fh \times \frac{n}{I}. \qquad (8)$$

Or n est la distance A O de la fibre la plus tendue A à la fibre neutre O ; donc $n = d$, d étant le diamètre du poteau simple à l'encastrement. D'autre part, on sait : 1° que le moment d'inertie d'un cercle par rapport à un diamètre a pour valeur $\frac{\pi d^4}{64}$; 2° que le moment d'inertie d'un cercle par rapport à un axe quelconque xy est égal au moment d'inertie par rapport à un axe passant par le centre de ce cercle (centre de gravité) augmenté du produit de la masse par le carré de la distance des deux axes. Or la masse a pour valeur dans ce cas $\frac{\pi d^2}{4}$ et la distance des deux axes est égale à $\frac{d}{2}$.

Il s'ensuit que le moment d'inertie du cercle P' par rapport à l'axe xy a pour valeur :

$$\frac{\pi d^4}{64} + \frac{\pi d^2}{4} \times \left(\frac{d}{2}\right)^2 = \frac{5\pi d^4}{64}.$$

Le poteau jumelé étant constitué par la réunion intime des deux poteaux simples P et P', le moment d'inertie I de l'ensemble sera deux fois plus grand, soit :

$$I = \frac{5\pi d^4}{32}.$$

Remplaçons I par cette valeur dans (8) et nous aurons :

$$R = Fh \frac{d}{\frac{5\pi d^4}{32}} = \frac{32\,Fh}{5\pi d^3}.$$

Si on admet que l'on remplace, comme nous l'avons déjà fait plus haut, $\frac{32}{\pi}$ par 10, et que l'on donne à R la valeur de 0,6 kg : mm², on voit que la valeur admissible maximum pour F se déduit de la formule :

$$0{,}6 \geqq \frac{2Fh}{d^3}.$$

D'où :

$$F \leqq 0{,}3\,\frac{d^3}{h}.$$

En comparant cette formule avec la formule (7) relative au poteau simple : $F \leqq 0{,}06\,\frac{d^3}{h}$, on constate que : *si l'effort s'exerce dans le sens de la ligne des centres, la résistance d'un poteau jumelé est* CINQ *fois plus grande que celle d'un poteau simple.*

4° Poteaux contre-fichés. — Enfin, un moyen de consolidation très énergique consiste à s'opposer au renversement de l'appui en l'arc-boutant avec un second poteau appelé *contre-fiche* ou *jambe de force*, faisant avec lui un certain angle (fig. 10) et placée de façon que le plan vertical formé par l'ensemble contienne la résultante des efforts horizontaux F.

Digitized by Google

Deux méthodes peuvent être employées pour calculer un poteau contre-fiché :

1re Méthode. — C'est la méthode classique. Si on décompose la résultante F en deux autres AF', AF" suivant les directions respectives de la contre-fiche et du poteau, on constate que la première fait travailler la jambe de force à la compression, tandis que la seconde tend à soulever le poteau hors du sol.

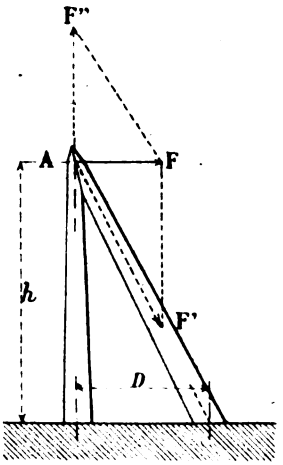


Fig. 10.

Conservant les notations déjà adoptées, appelons en outre D la distance qui sépare le pied du poteau du pied de la contre-fiche au niveau du sol. La similitude des triangles nous donne :

$$AF' = F\frac{\sqrt{h^2 + D^2}}{D} = F\sqrt{1 + \frac{h^2}{D^2}}.$$

$$AF'' = F\frac{h}{D}.$$

La force d'arrachement et la force de compression sont donc d'autant plus faibles, toutes choses égales d'ailleurs, que l'écartement D de la contre-fiche est plus grand.

En général, la contre-fiche et le poteau sont solidement reliés par des entretoises en X permettant de supposer que tout flambage de la jambe de force est impossible. Quelle résistance présente alors un tel assemblage comparé à un poteau simple?... Pour nous en rendre compte prenons un 12 m normal, contre-fiché avec un de ses semblables, l'écartement à la base étant de 3,50 m, et la hauteur hors sol h étant de 10,20 m (soit 1,80 m en sol).

L'effort AF', puisqu'on ne craint pas de flambage, pourra atteindre la valeur maximum correspondant à 0,6 kg : mm², soit : 13 610 kg, l'effort admissible F correspondant serait alors de :

$$F = \frac{AF'}{\sqrt{1 + \frac{h^2}{D^2}}} = \frac{13\,610}{\sqrt{1 + \frac{10\,200^2}{3\,500^2}}} = 4\,120 \text{ kg}.$$

en admettant, bien entendu, qu'on puisse s'opposer efficacement à l'effort d'arrachement AF" qui prendrait pour valeur :

$$F\frac{h}{d} = 4\,120 \times \frac{10\,200}{3\,500} = 12\,860 \text{ kg}.$$

Or, un poteau simple de même type résiste seulement à 80 kg environ d'effort en tête ; le contre-fiché examiné permettant d'atteindre un effort de traction de 4 120 kg est donc *cinquante-cinq fois plus résistant* (1). On pourrait d'ailleurs augmenter encore sa résistance en écartant le pied de la contre-fiche ; mais on se heurterait alors, en pratique, à des difficultés résultant de l'encombrement des trottoirs ou accottements, et l'écartement indiqué de 3,50 m doit être considéré comme un maximum, l'écartement normal étant plutôt voisin de 3 m.

2e Méthode. — On peut également calculer l'ensemble constitué par un poteau et sa contre-fiche en admettant que les entretoises permettent de supposer que le tout travaille comme un solide unique.

Pour simplifier le calcul des moments d'inertie, supposons que l'appui et sa jambe de force aient une section carrée (fig. 11) ; en désignant par d le côté de la section à l'encastrement des appuis, D l'écartement de la contre-fiche au niveau du sol, nous aurons comme moment fléchissant maximum admissible pour le poteau simple :

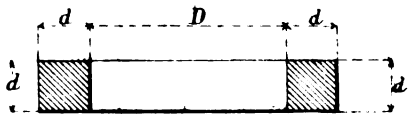


Fig. 11.

$$R\frac{I}{n} = R\frac{d^3}{6}.$$

Si maintenant on considère le poteau et sa jambe de force constituant un solide unique le moment fléchissant deviendra :

$$R\frac{I'}{n'} = R\frac{d\left[2d + D\right]^3 - D^3}{6\left(2d + D\right)},$$

(1) Si la contre-fiche n'était pas reliée au poteau par un entretoisement sérieux, mais simplement boulonnée avec lui au sommet, comme cela arrive parfois, il faudrait tenir compte du flambage. Dans l'exemple choisi d'un 12 m contre-fiché, la jambe de force ne pourrait alors supporter qu'un effort maximum que nous avons trouvé plus haut égal à 970 kg, et la force F correspondante ne pourrait alors pas dépasser :

$$\frac{970}{\sqrt{1 + \frac{10\,200^2}{3\,500^2}}} = 315 \text{ kg}.$$

Dans ce cas donc le contre-fiché ne serait que *quatre* fois environ plus résistant qu'un poteau ordinaire, *donc moins résistant qu'un poteau jumelé*. On voit par là l'avantage de croisillonner par une solide entretoise en X le poteau et sa jambe de force.

Digitized by Google

qui peut s'écrire également sous la forme :

$$R\,\frac{d^3}{6} \times \frac{2d + D)^3 - D^3}{d^2(2d + D)},$$

ce qui revient à dire que la contre-fiche multiplie la résistance du poteau ordinaire par : $\frac{(2d + D)^3 - D^3}{d^2(2d + D)}$.

Pour faire une comparaison analogue à celle que nous venons de faire en application de la première méthode, prenons : $d = 0{,}35$ m, $D = 3{,}50$ m; nous aurons :

$$\frac{(2d + D)^3 - D^3}{d^2(2d + D)} = \frac{(2 \times 350 + 3\,500)^3 - \overline{3\,500}^3}{\overline{350}^2(2 \times 350 + 3\,500)} = 60.$$

Le contre-fiché est ici trouvé 60 fois plus résistant que le poteau ordinaire (1).

Laquelle des deux méthodes de calcul est la meilleure? Ni l'une ni l'autre, car ni l'une ni l'autre n'est rigoureuse; la seconde cependant paraît un peu optimiste car elle est basée sur l'hypothèse que le poteau et sa contre-fiche forment un ensemble indéformable, ce qui n'est évidemment pas tout à fait exact. On pourrait rechercher une formule complète tenant compte des différents facteurs qui entrent en jeu : rigidité du nœud supérieur, effet de l'entretoisement, etc., mais il faudrait alors faire intervenir certains coefficients que seule l'expérience peut donner, et la plus grande précision obtenue serait plutôt illusoire.

Nous conseillons donc d'utiliser la première méthode qui est d'ailleurs plus simple et d'une application plus rapide. Elle a, en outre, le mérite de donner immédiatement la valeur de l'effort d'arrachement qui s'exerce sur le poteau, effort d'arrachement qui n'est nullement négligeable puisque nous venons, dans un exemple, de voir qu'il atteint plus de 12 000 kg pour un effort horizontal de traction de 1 420 kg.

Or, est-il possible de résister à un tel effort? On n'a malheureusement que peu de données expérimentales sur l'effort nécessaire pour arracher un pieu enfoncé dans le sol; on sait cependant que la résistance à l'enfoncement d'un pilotis dont la pointe ne bute pas sur le roc, résistance qui est alors uniquement due au frottement contre le terrain, varie de 800 à 1 000 kg : m² de surface de contact.

Or, un poteau de 12 m normal, ayant 0,25 m de diamètre à la base, 0,24 m à l'encastrement, enfoncé de 1,80 m donne comme surface de contact avec le sol :

$$1{,}80 \times 3{,}1416\,\frac{0{,}25 + 0{,}24}{2} = 1{,}38 \text{ m}^2.$$

En admettant donc le chiffre maximum de 1 000 kg : m²

(1) Le principe de cette méthode a été indiqué par M. Lorain, ingénieur en chef des Télégraphes, dans son « Cours de Construction des Lignes télégraphiques et téléphoniques » (pp. 31 et suiv.), mais l'auteur a commis une erreur en assimilant la section de la figure 11 ci-dessus à un *rectangle plein*, alors qu'on doit la considérer de toute évidence comme un *rectangle évidé*.

pour le frottement, on ne pourrait compter que sur 1 380 kg augmentés du poids propre du poteau qui est d'environ 220 kg, soit au total 1 600 kg. Mais on augmente ce chiffre dans la pratique en faisant au pied du poteau un bon massif de pierres, au travers duquel on coule ensuite du ciment liquide; on obtient ainsi une surface de contact avec le sol beaucoup plus grande et dont la rugosité même donne lieu à un coefficient de frottement beaucoup plus élevé, et que l'on peut admettre double de celui indiqué plus haut, soit 2 000 kg.

Dans ces conditions, si l'on veut obtenir une résistance à l'arrachement de 12 000 kg (non compris le poids propre du poteau qui devient négligeable), il est facile de calculer qu'il faudra un cylindre de maçonnerie ayant un diamètre x tel que :

$$1{,}80 \times 3{,}1416 \times x = 6 \text{ m}^2.$$

D'où :

$$x = 1{,}05 \text{ m}.$$

Il faudrait donc établir tout autour du pied du poteau un blocage de pierres soigneusement pilonnées de 0,40 m d'épaisseur. Un tel massif serait d'ailleurs très normal. Il est donc, en somme, assez facile de s'opposer à l'arrachement du poteau, mais l'attention de l'ingénieur doit être appelée sur la nécessité de vérifier cet effort, afin d'éviter toute surprise désagréable.

On a quelquefois proposé aussi de déterminer la valeur de la résistance à l'arrachement par le poids d'un tronc de cône de terre renversé, ayant son sommet à la base du poteau et dont les côtés auraient comme inclinaison le talus naturel du terrain (hypothèse identique à celle qui a servi précédemment pour le calcul des ancrages). L'application donne des résultats sensiblement égaux, quoique un peu plus optimistes.

Reste enfin à considérer la tendance de la contre-fiche à s'enfoncer dans le sol; en terrain résistant, en effet, on ne doit pas songer à dépasser 0,800 kg de pression par centimètre carré (coefficient de sécurité de 5); or, une jambe de force de 12 m a, comme section de base : $\frac{3{,}14 \times \overline{25}^2}{4} = 490$ cm²; on ne peut donc compter, comme résistance à l'enfoncement dans un terrain solide, que sur $490 \times 0{,}800 = 392$ kg, alors que, si l'entretoise est rigide, on peut avoir une composante de 13 610 kg! Il faut donc faire reposer l'extrémité inférieure de la contre-fiche sur un petit massif bétonné d'une surface suffisante pour que la pression ne dépasse pas le chiffre de 0,800 kg indiqué ci-dessus. Si on avait une composante à la compression de 13 610 kg correspondant à l'effort maximum permis, il faudrait prévoir une surface de massif de $\frac{13\,610}{0{,}8} = 17\,012$ cm², soit 1,70 m².

Souvent on recommande de relier à leurs bases, dans le sol, et aussi profondément que possible, le poteau et sa jambe de force au moyen de deux madriers consti-

Digitized by Google

tuant un véritable moisage; leur but est d'empêcher l'écartement de la contrefiche; en outre, on peut fixer deux autres madriers perpendiculairement aux moises de façon à former un véritable ancrage intéressant un massif de terre beaucoup plus important; ce système, s'il présente quelques difficultés dans sa réalisation pratique, offre suffisamment d'avantages pour être vivement recommandé chaque fois que l'on aura des efforts de traction importants.

Résistance des terres. — Jusqu'ici nous ne nous sommes préoccupés que de la résistance propre des supports, mais il est un autre facteur important dont le constructeur de lignes doit tenir compte : c'est la *résistance des terres*.

Lorsque le poteau travaille à la flexion, il comprime les terres dans l'encastrement; il agit encore de même lorsqu'il subit un effort de compression, comme nous venons de le voir. Il faut donc prendre les précautions nécessaires pour que les terres n'aient pas à supporter un travail supérieur à leur limite de résistance : or dans les terres fortes, les remblais consistants, les bancs de gravier, etc., qui constituent les fonds des fouilles des terrains habituels de plantation des poteaux, il ne faut pas dépasser 0,800 kg : cm² et, dans les terres légères de surface ou les remblais nouveaux, il sera prudent de se limiter à 0,200 kg : cm² chiffres correspondants à un coefficient de sécurité de 5.

Prenons un poteau simple (fig. 12) en tête duquel est appliqué un effort horizontal F; le moment fléchissant

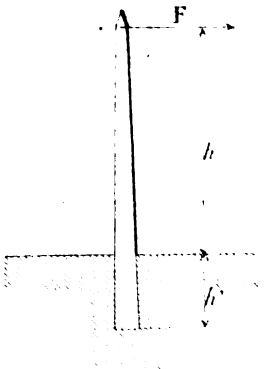


Fig. 12.

qui en résultera au niveau de l'encastrement aura pour valeur Fh. Or il est équilibré par un moment égal provenant de la résistance de la partie dans le sol. On peut admettre : 1° que la pression d'une surface circulaire de diamètre d et de hauteur h' se répartit sur une surface utile de $\frac{\pi d}{2} \times h'$; 2° que les forces plus ou moins également réparties sur une surface circulaire peuvent être remplacées par une force unique agissant à peu près à mi-hauteur.

Si donc on désigne par F' cette force unique appliquée à une hauteur $\frac{h'}{2}$ ou $(h'$ ayant pour valeur $0{,}15$ $(h + h')$, $\frac{0{,}176}{2} h$, on aura :

$$Fh = F' \times 0{,}088\, h.$$

D'où :

$$F' = \frac{F}{0{,}088} = 11{,}36\, F.$$

Prenons un poteau de 12 m ordinaire en tête duquel est appliqué un effort de 800 kg; nous aurons :

$$F = 11{,}36 \times 80 = 910 \text{ kg environ.}$$

La longueur dans le sol h est de 1,80 m; le diamètre à l'encastrement étant de 0,24 m et à la base de 0,25 m, la surface utile d'appui sur le sol sera de

$$\frac{\pi}{2} \times 180 \times \frac{24 + 25}{2} = 3\,330 \text{ cm}^2.$$

La pression sera donc de :

$$\frac{910}{3\,330} = 0{,}273 \text{ kg : cm}^2$$

ce qui, même dans les terres rapportées, donne encore un coefficient de sécurité de 4. On en conclut que, pour le poteau simple, à condition que la fouille soit soigneusement damée, on n'aura rien à craindre.

Considérons maintenant un jumelé; il permet un effort en tête de $5 \times 80 = 400$ kg, ce qui donne pour $F' : 400 \times 11{,}36 = 4\,545$ kg. La surface utile d'appui restant la même, soit 3 330 cm² la pression sur les terres est alors de :

$$\frac{4\,545}{3\,330} = 1{,}96 \text{ kg : cm}^2.$$

Avec des terres légères, le poteau s'inclinera immédiatement du pied; dans un terrain de gravier, bien compact, il pourra résister, mais le coefficient de sécurité ne sera guère que de 3; pour avoir un coefficient de 5, il faudrait augmenter la surface d'appui au moyen d'un massif de pierrailles de façon que la pression ne dépasse pas en terrain solide 0,800 kg : cm²; la surface utile devra alors être telle que, x étant le diamètre du massif, on ait :

$$\frac{\pi}{4} \times 180 \times x = \frac{4\,545}{0{,}800}.$$

D'où :

$$x = 40 \text{ cm.}$$

En terres légères rapportées la pression ne devrait pas dépasser 1,5 kg = 0,200 kg : cm² et on trouverait $x = 1$ m.

Un jumelé peut donc rarement se dispenser de massif.

Digitized by Google

III. Conclusion. — On a pu constater que les calculs ont été conduits ici d'une façon toute différente de celle généralement en usage et qui consiste à déterminer tout d'abord la grandeur des efforts auxquels sera soumis un poteau, et à en déduire ensuite la section que devra avoir ledit poteau.

J'estime que c'est là une méthode irrationnelle: en effet, quand on construit une ligne de quelque importance, la longueur des poteaux étant déterminée à l'avance par d'autres considérations qui n'ont pas à intervenir ici, on a tout simplement deux, (rarement trois) types de poteaux : un type normal destiné à la ligne courante en alignement droit ou courbe insensible, un type renforcé pour les courbes légères.

Quelle conclusion pratique l'ingénieur chargé de la construction tirera-t-il des calculs qui lui auront indiqué qu'en tel point, il y aura lieu de planter un poteau de telle section? Comme il ne peut avoir à sa disposition toutes les sections possibles, qu'en réalité il n'en a que deux ou trois, il ne tiendra aucun compte des calculs et disposera ses supports à peu près au petit bonheur.

Si, au contraire, sachant qu'il n'a que deux modèles de poteaux bien définis, il détermine d'avance l'effort maximum de traction que chacun d'eux peut supporter, si pour la portée moyenne et la flèche qu'il a adoptées en alignement droit, il a calculé la traction correspondante, il pourra diriger sa plantation, choisir ses poteaux, désigner les endroits où il faudra jumeler, etc., en toute connaissance de cause, car le seul facteur qui lui restera à apprécier sur le terrain — et ce sera facile — sera l'angle de déviation de la ligne en courbe (afin de faire intervenir le coefficient $2 \sin \frac{\alpha}{2}$. Avec un peu d'expérience, connaissant ce que l'on peut appeler les caractéristiques de ses poteaux et de ses conducteurs de ligne, un ingénieur devra pouvoir faire sur le terrain même et sans étude préalable, un piquetage irréprochable.

C'est un résultat que certains considéreront peut-être comme modeste, mais s'ils veulent bien se rendre compte de la façon peu rationnelle dont sont construites quantités de lignes et de la mauvaise utilisation du matériel employé qui en résulte, ils conviendront que le temps passé à des calculs, que l'on a trop souvent considérés comme superflus, n'est pas du temps perdu.

ACH. DELAMARRE.

Revues, analyses et informations

Sous-station à courant continu 1 500 v équipée avec trois commutatrices 750 v.

La sous-station qui fait l'objet de la présente description (1) a été construite pour concourir à l'alimentation de la ligne à courant continu 1 500 v du Salt Lake and Utah Railroad qui s'étend sur une longueur de 108 km entre Salt-Lake City et Payson.

Le service journalier comprend treize trains de voyageurs dans chaque sens. Les voitures sont en acier, d'un poids de 111 t et équipées avec 4 moteurs à courant continu 750 v d'une puissance unitaire de 115 ch fonctionnant par deux en série sous 1 500 v. Un coupleur permet la mise en parallèle des moteurs pour la marche à la même vitesse avec courant continu 750 v sur les lignes du Salt Lake and Ogden Railroad.

L'augmentation du trafic a motivé l'établissement d'une nouvelle sous-station à Bringhurst à 38 km de Salt Lake City, installation facilitée par la proximité des lignes à 44 000 v 60 périodes de l'Utah Power and Light Co qui fournit le courant nécessaire.

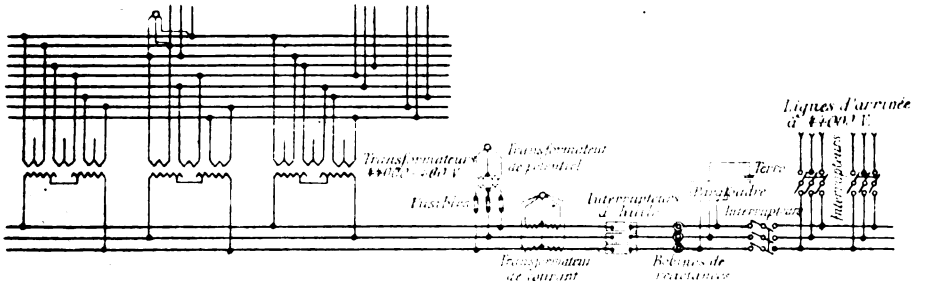


Fig. 1.

La construction de cette sous-station est entièrement en feret briques. Le courant primaire est fourni à la tension de 44 000 v par l'Utah Power and Light Co; il est transformé en courant continu 1 500 v au moyen de deux commutatrices à courant continu 750 v d'une puissance de 250 kw chacune. Les connexions ont été établies de façon à permettre différents couplages de ces machines entre elles. La sous-station et le tableau de distribution ont été prévus pour permettre de porter la puissance totale à 1 000 kw.

Les lignes de l'Utah Power and Light Co passent à environ 60 m du bâtiment de la sous-station, la dérivation ainsi que les interrupteurs de sectionnement sont situés à l'extérieur. La protection contre les surtensions est assurée par un parafoudre électrolytique triphasé Westinghouse.

Le câblage haute tension est posé sur isolateurs montés sur une charpente en tubes. Le courant à 44 000 v est trans-

(1) *Electric Railway Journal*, 2 décembre 1916, t. XLVIII, p. 1149.

Digitized by Google

formé en 660 v par 3 transformateurs monophasés Westinghouse, à huile et refroidissement naturel, connectés Δ Δ. Chaque transformateur comprend 3 enroulements secondaires séparés, d'une puissance de 75 kv-a, alimentant chacun une commutatrice ; cette disposition permet le couplage en série du côté continu de deux machines quelconques. Des prises supplémentaires permettent de modifier légèrement la tension et de faire démarrer les machines à basse tension en moteurs d'induction.

Chaque commutatrice a une capacité continue de 250 kw avec cos φ = 1. Elle est susceptible d'une surcharge de 50 pour 100 pendant deux heures et d'une charge momentanée de 300 pour 100. Chaque machine possède un tableau de démarrage par courant alternatif monté sur un châssis tubulaire.

Le couplage en série de deux machines quelconques est effectué par un jeu de commutateurs à double direction à ruptures dans l'huile.

L'éclairage de la sous-station est alimenté par un transformateur 440-110 v.

Le matériel électrique a été entièrement fourni par la Westinghouse Electric and Manufacturing Co. Le prix de revient du kilowatt installé est de $ 58 (300 fr environ) ; lorsque la puissance de la sous-station sera portée à son maximum, ce prix atteindra $ 39 (202 fr environ.)

P. S.

L'industrie du tungstène en Angleterre (1).

La guerre a considérablement développé en Angleterre la fabrication du tungstène en poudre et du ferro-tungstène. En dehors de l'ancienne usine de Garston, de la British Thermit Company, d'autres se sont créées, notamment à Widnes et à Luton ; l'article donne quelques renseignements sur ces usines, d'après une description détaillée parue dans *Mining Journal*. — L'usine de Widnes a été établie, à proximité de Liverpool, sur l'emplacement de l'ancien établissement de la Tungsten Metal Cº ; elle est dirigée par M. J.-L.-F. Vogel, ancien directeur de cette Société et de la Tungsten and Rare Metals Cº ; elle appartient à la High Speed Steel Alloys Ltd, fondée par les principaux métallurgistes de Sheffield. Sa capacité de production est de 3 t de tungstène en poudre par jour, mais vu le manque de minerai, la production actuelle n'est guère que la moitié de ce chiffre. Le procédé employé consiste à traiter le minerai par le carbonate de sodium de manière à obtenir du tungstate de sodium, d'où l'on précipite, par l'acide chlorhydrique, l'oxyde jaune de tungstène, lequel est réduit par l'anthracite ; le métal obtenu est à 98 pour 100 de pureté et 0,20 pour 100 de carbone. — L'usine de Luton a été établie sur l'emplacement de celle qu'avait fait construire en 1911 la Electric Furnace Smelders Ltd ; elle appartient à la Thermo-Electric Ore Reduction Corporation Ltd ; on pense y traiter par an 4000 t de concentrés à 65 pour 100. Elle fabrique le tungstène en poudre par le procédé au carbonate de sodium et le ferro-tungstène au four électrique sous forme de poudre à 87 pour 100 ; la production est de 140 t par mois, principalement de ferro-tungstène. — Parmi les autres usines, outre celle déjà signalée de Garston, près Liverpool, l'article signale celle que fait construire la Continuous Reduction Cº, à Hyde, dans le Cheshire, celle de la Tyneside Alloys, celle de la British Metal Reducers et deux ou trois autres plus petites à Birmingham et à Sheffield. — En terminant notre confrère fait remarquer que ces nouvelles usines rendent les métallurgistes anglais indépendants de l'Allemagne pour le tungstène en poudre dont celle-ci avait la spécialité ; mais elles les rendent aussi indépendants pour les ferro-tungstènes qui étaient fournis jusqu'ici par les usines françaises de la Savoie et du Dauphiné. Ceux-ci se trouvent encore menacés par la création d'une usine de traitement des minerais de tungstène aux Indes mêmes et par celle de plusieurs usines aux Etats-Unis. Il est vrai que ces usines ont le désavantage d'utiliser de l'énergie électrique produite par le charbon, mais elles ont l'avantage de se trouver à proximité des mines. La concurrence sera donc très forte et notre confrère estime qu'il faudra la réduire par des accords entre les Alliés.

(1) *Journal du Four électrique et de l'Électrolyse*, 15 décembre 1916, p. 118-119, 1 100 mots.

Mesure des pas de vis (1).

On sait combien l'emploi des vis est devenu général ; cet emploi est cependant assez récent et date seulement du commencement du siècle dernier. Au début chaque constructeur établissait son type de vis et s'inquiétait assez peu de l'interchangeabilité des pièces ; vers 1841, Whitwoorth publiait une étude complète de la question et proposait l'établissement d'une série de vis s'étendant du diamètre de 6 mm environ à celui de 150 mm. La forme et les dimensions des pas Whitwoorth n'étaient pas basées sur des considérations théoriques, il avait simplement établi des moyennes entre les pas usités alors par les principales maisons de construction. Le travail de Whitwoorth eut un résultat pratique considérable pour l'industrie anglaise qui fut longtemps la seule à jouir de l'avantage de posséder une telle série, ainsi que les machines et appareils pour la fabrication et la vérification. En ces dernières années, cependant, des maisons américaines et d'autres sur le continent perfectionnèrent leur outillage à un degré tel que l'industrie anglaise est en passe de perdre la place qu'elle occupait dans cette spécialité, aussi les constructeurs font-ils un effort considérable pour reconquérir leur situation. L'article contient un exemple frappant des résultats déjà obtenus ; une figure montre à grande échelle, un pas de vis qui, au début de 1915, était considéré comme satisfaisant ; une autre montre ce qui est réalisé actuellement et la différence est réellement considérable le pas de vis que représente cette figure peut être considéré comme parfait.

La perfection de la fabrication ne s'est pas obtenue sans effort ; de nombreux appareils ont dus être établis pour vérifier l'exécution, et l'auteur, après avoir donné un certain nombre de définitions, décrit quelques-uns de ces appareils, en particulier un microscope à micromètre qui permet de mesurer les angles du filet, sa profondeur, etc... un autre procédé consiste à employer un micromètre de précision combiné avec des aiguilles suspendues s'engageant dans les filets ; dans un autre cas, le filet est projeté sur un écran avec un grossissement convenable pour permettre toutes les vérifications et mesures nécessaires. Tous les perfectionnements réalisés ont pour but essentiel d'amener à l'interchangeabilité absolue des pièces de même diamètre et, dans l'état actuel, ce résultat est bien près d'être obtenu.

(1) A. Broeth, *Engineering*, 2 et 9 février 1916, t. CIII, p. 113-116 et 139-143, 5 700 mots, 14 fig.

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

Assemblées générales

Société Pyrénéenne d'Energie électrique.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 7 NOVEMBRE 1916.

Le développement des recettes de la Société s'est poursuivi avec continuité pendant cet exercice; le montant des recettes annuelles garanties s'élevait, au 30 septembre 1916, à 3 875 000 fr, et celui des recettes encaissées à 3 279 000 fr.

Pour l'exercice se terminant au 31 décembre 1915, les recettes d'exploitation avaient été de 2 206 199 fr. et, pour la première fois un solde bénéficiaire a pu être présenté aux actionnaires. Ce résultat d'ailleurs est presque entièrement dû au développement normal de la vente de l'énergie dans la région, les principaux contrats passés avec des établissements travaillant pour la Défense nationale n'étant venus apporter leur appoint que pendant les derniers mois.

La production en kilowatts-heures des usines a été de 29872260 en 1915 contre 22120050 en 1914.

Pour l'exercice en cours, la production des usines ajoutée à celle de l'usine de Gesse de la Société Méridionale de transport de force dont la jonction au réseau de la Société Pyrénéenne avait été réalisée pendant l'exercice, et celles des usines de Luzières appartenant à la Société des Forces motrices de l'Agout, a été, pour les neuf premiers mois, de 44 547 350 kw-h.

Nous donnons ci-dessous le bilan au 31 décembre 1915, présenté aux actionnaires le 7 novembre 1916, l'Assemblée n'ayant pu être réunie à l'époque habituelle.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1915.

Actif.

	fr
Chute d'Orlu et concessions d'Oô et de Siguer	1 179 983,63
Usines	8 009 465,89
Réseaux et postes	10 938 338,25
Installations d'abonnés	219 340,50
Immeubles et terrains	238 195,43
Outillage et mobilier	228 773,88
Participations financières et concessions d'éclairage	3 514 066,75
Prime de remboursement	645 300 »
Frais de constitution et d'émission	2 119 528,41
Intérêts et frais payés au titre de premier établissement	2 636 859,49
Caisses	26 454,85
Banques	235 128,75
Marchandises	414 772 »
Cautionnements	6 625 »
Travaux et marchés en cours	118 752,80
Sommes payées sur commandes	172 660 »
Frais à imputer aux exercices suivants et dépôts d'avances	163 306,42
Abonnés	651 314,65
Débiteurs divers	190 111,66
	31 694 078,36

Passif.

	fr
Capital actions	8 000 000 »
Capital obligations 4 1/2 pour 100	8 218 000 »
— 5 pour 100 souscrites	9 312 000 »
Amortissement obligations 4 1/2 pour 100	32 000 »
Effets à payer	131 102,12
Coupons échus	1 138 160,20
Provision pour coupons obligations 4 1/2 pour 100 échus au 1er janvier 1915	185 625 »
Intérêts courus sur obligations 5 pour 100 souscrites au 31 décembre 1914	119 892 »
Créditeurs divers	4 386 098,53
Exercice, bénéfices de l'année	171 200,51
	31 694 078,36

Etablissements Paz et Silva.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 14 DÉCEMBRE 1916.

L'exercice se terminant au 30 juin 1916 s'est clôturé par un bénéfice de 24 730 fr en légère amélioration sur le précédent. Les principaux services des établissements Paz et Silva ont dû ralentir considérablement leur activité pendant la guerre, entre autres celui des enseignes lumineuses, celles-ci demeurant toujours interdites, et son outillage ne pouvant être utilisé pour les fabrications de guerre, sauf pour les piles et boîtiers dont la vente a pu être développée.

L'Assemblée a décidé de reporter à nouveau le bénéfice de l'exercice.

BILAN AU 30 JUIN 1916.

Actif.

	fr
Espèces en caisse et dans les banques	84 546,21
Valeurs mobilières au cours du 30 juin	340 878,50
Effets à recevoir	72 943,75
Débiteurs divers	626 234,94
Créances douteuses	1 »
Dépôts et cautionnements	29 376,35
Marchandises générales. Stock en magasin à l'inventaire	1 658 042,70
Fonds de commerce	500 000 »
Clientèle-apports	91 675 »
Frais de constitution	1 617 »
Matériel de location ensemble du	342 158,78
Construction Sainte-Anne amortie	11 550 »
Agencement et installation, matériel et mobilier, outillage	5 007 »
Machines P. B. A	23 682,50
Installation de chauffage avance	3 100 »
Propriété Saint-Charles. Terrains et constructions	316 735,50
	4 107 551,93

Digitized by Google

Passif.

	fr
Capital	2 500 000 »
Réserves diverses :	
Légale	99 949,34
Extraordinaire	250 135,76
Créance B	64 192,35
Reserve pour créances sous moratorium	100 000 »
Amortissements divers :	
Sur fonds de commerce	257 692,30
Sur matériel d'illumination	135 216,68
Sur constructions Saint-Charles	19 808,65
Créditeurs divers	655 825,95
Bénéfice de l'exercice	24 730,30
	4 107 551,23

Société des Etablissements Maljournal et Bourron.

Assemblée générale ordinaire du 23 octobre 1916.

Les chiffres du bilan au 30 juin 1916, présentés à l'Assemblée des actionnaires, s'appliquent à deux exercices, les sixième et septième de l'existence sociale, un inventaire régulier n'ayant pu être présenté à l'Assemblée précédente qui n'avait eu à connaître qu'une situation des comptes.

D'ailleurs, les Etablissements Maljournal et Bourron, tout en s'efforçant de satisfaire leur clientèle habituelle, ont consacré la plus grande partie de leurs moyens de production à des fabrications de guerre, ce qui fait qu'un rapprochement par postes du bilan avec ceux des exercices précédents ne présenterait aucun des éléments de comparaison habituels.

Les bénéfices nets de ces deux exercices se sont montés à 1 083 358 fr auxquels s'ajoute le reliquat de l'exercice 1913-1914, soit 312 059 fr. Si on en déduit la somme de 134 020 fr attribuée au capital, soit 5 pour 100, par décision de l'Assemblée du 30 octobre 1915, il restait à répartir 1 261 388 fr sur lesquels l'Assemblée générale a décidé de distribuer un dividende de 10 pour 100 aux actions.

La réserve de prévoyance facultative a été portée de 385 624 fr à 1 234 537 fr, et la réserve légale de 82 108 fr à 136 276 fr.

Ces réserves permettront à la Société de prendre position avec assurance au moment de la reprise économique qui sera particulièrement sensible dans sa spécialité habituelle de l'appareillage électrique.

Bilan au 30 juin 1916.

Actif.

	fr
Caisse, portefeuille et banques	1 606 200,38
Débiteurs	1 221 018,55
Actionnaires	984 845,90
Titres divers	214 458,90
Stocks commerce	910 974,80
Stocks usines	932 698,35
Frais de constitution	66 522,95
Constructions générales	375 585,85
Matériel et mobilier	841 886,95
Etablissement industriel et commercial	305 000 »
Agencement et installations	193 934,60
Ecuries, remises et autos	16 584,15
Terrains	141 550 »
Rachat des parts de fondateur	500 000 »
	7 573 181,38

Passif.

	fr
Créanciers divers	664 105,95
Coupons	22 380,95
Voyageurs et divers	236 893,55
Capital	3 500 000 »
Frais de constitution	66 522,95
Constructions générales	93 587,25
Matériel et mobilier	356 235,30
Etablissement industriel et commercial	206 833,30
Agencement et installations	110 680,10
Ecuries, remises et autos	7 650,80
Provision pour escomptes et rabais	17 190,65
Réescompte du portefeuille	2 516 »
Provision pour débiteurs litigieux	250 000 »
Dépréciation sur valeurs mobilières	49 464,10
Reserve légale	82 108,45
Réserve de prévoyance facultative	385 624,28
Primes d'émission	960 000 »
Pertes et profits 1913-1914 reportés	178 030,19
Pertes et profits 1914-1915 et 1915-1916	1 083 358,66
	7 573 181,38

Compagnie générale d'éclairage de Bordeaux.

Assemblée générale ordinaire du 27 décembre 1916.

Les ventes de courant de la Compagnie générale d'éclairage de Bordeaux, du 1er juillet 1915 au 30 juin 1916, se sont élevées à 18 162 845 kw-h en augmentation de 5 686 550 kw-h ; celles-ci proviennent presque intégralement des fournitures d'énergie à des établissements travaillant pour la guerre. Les recettes correspondantes ont été de 2 440 275 fr contre 1 587 661 fr pour l'exercice précédent.

L'accroissement de consommation de force motrice a absorbé rapidement toutes les disponibilités en puissance hydro-électrique fournies par l'usine de Thuillière, et ont obligé la Compagnie à mettre en fonctionnement ininterrompu l'usine de Bacalan.

Dans l'autre branche de son activité, la Compagnie a enregistré pendant l'exercice des ventes de gaz pour un total de 330 513 911 m³, en diminution de 1 179 441 m³ sur l'exercice précédent ; les recettes correspondantes ont été de 505 5 180 fr dont 624 360 fr provenaient des relèvements des prix du gaz à partir du 10 mai 1916, résultant de circonstances bien connues des électriciens. Ceux-ci ont, en effet, suivi attentivement les discussions qui avaient surgi entre la Ville de Bordeaux et la Compagnie concessionnaire, celle-ci demandant que la Ville l'autorisât à relever les prix de vente du gaz pour lui permettre d'assurer son exploitation mise en péril par la hausse hors de toute prévision des charbons.

L'arrêt rendu le 30 mars 1916 par le Conseil d'Etat est devenu classique pour toutes les sociétés de distribution qu'il intéressait également dans son principe.

Les sommes provenant des relèvements de prix convenus provisoirement entre la Ville de Bordeaux et la Compagnie, ont été inscrites à un compte d'attente, au crédit de la Ville, et il n'a pas été tenu compte, dans le bilan au 30 juin 1916, de l'indemnité à laquelle la Compagnie avait droit suivant l'arrêt du Conseil d'Etat, le montant de cette indemnité faisant l'objet de négociations avec la Ville.

Le compte profits et pertes se solde dans ces conditions par une perte de 2 518 333 fr, et il est à remarquer, d'ailleurs, que les relèvements de tarifs n'avaient joué que quelques semaines pour l'exercice écoulé.

Digitized by Google

BILAN AU 30 JUIN 1916.

Actif.

	fr
Premier établissement	25 647 326.09
Caisses et banques	361 689.83
Outillage et mobilier	187 506.22
Installations en location	2 891 878.19
Fourneaux en dépôts	270 853.09
Cautionnements ville de Bordeaux	315 560.55
Redevance complémentaire de garantie	500 000 »
Frais de constitution	198 375.45
Prime d'amortissement d'obligations	1 502 982.25
Approvisionnements et stocks	1 612 486.44
Débiteurs divers	2 336 025.90
Comptes à amortir	1 490 365.91
Réfection de gazomètres	317 063.12
Portefeuille	49 000 »
Profits et pertes	2 518 333.93
	40 171 349.57

Passif.

	fr
Capital actions	14 000 000 »
Obligations en circulation	14 592 000 »
Obligations amorties	3 461 000 »
Coupons à payer et titres à rembourser	2 011 974.91
Réserve légale	38 386.61
Fonds général d'amortissement	1 519 483.01
Créditeurs divers	6 001 144.59
Ville de Bordeaux « Compte d'attente »	634 360.45
	40 171 349.57

Omnium lyonnais de chemins de fer et tramways.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 29 NOVEMBRE 1916.

Les résultats obtenus pendant l'exercice ont permis la distribution d'un dividende de 7 pour 100, supérieur à celui de l'exercice précédent qui était de 6 pour 100. Les bénéfices nets d'exploitation ont continué leur progression à peine ralentie par la guerre; ils ont été, en 1915, de 744 620 fr contre 685 887 fr en 1914 et 681 198 fr en 1913; pendant les deux premiers mois de 1916 ils ont présenté un excédent de 4281 fr contre 1915.

Le rapport des commissaires des comptes a pu constater que la situation financière de la Société était très satisfaisante et que son fonds de roulement, atteignant 7 millions, donnait une excellente base pour son développement industriel.

Quelques indications ont été données aux actionnaires sur les Sociétés auxquelles l'Omnium Lyonnais est intéressé :

Compagnie du chemin de fer électrique souterrain Nord-Sud de Paris, dont les recettes se sont élevées à 957 653 fr contre des dépenses de 543 613 fr qui se sont fortement ressenties de l'augmentation du prix des charbons.

Compagnie des chemins de fer à voie étroite de Saint-Etienne, Firminy, Rive-de-Gier et extensions, dont les recettes sont en augmentation sensible du fait de l'activité économique des régions qu'elle dessert, et dont le dividende a été porté de 22,50 à 25 fr.

Chemins de fer sur routes d'Algérie, dont les résultats se ressentent de la hausse formidable du charbon, du fret et de toutes les matières nécessaires à l'exploitation.

Tramways d'Avignon, dont les bénéfices d'exploitation sont en accroissement par rapport à 1915 en raison de l'augmentation du trafic sur la ligne de Sorgues.

Société Genevoise de Tramways qui a distribué en 1915 le même dividende de 3 1/2 pour 100 qu'en 1914 et dont les recettes des neuf premiers mois de 1916 accusent une plus-value intéressante de 392 806 fr par rapport à la même période de l'année précédente.

Le Conseil a annoncé, en outre, qu'il s'était assuré une option sur des actions de la Société Westinghouse lui permettant de prendre une part active à l'administration de cette importante Société.

BILAN AU 30 JUIN 1916.

Actif.

	fr
Immeuble	500 000 »
Caisse et disponibilités en banques	756 499.08
Rente française 5 pour 100 et Bons de la Défense nationale	6 573 847 »
Coupons à encaisser	114 050.90
Débiteurs divers	1 279 205.75
Avances aux filiales	1 059 008.77
Titres des filiales	3 843 946 »
Titres divers : Actions	6 413 694.80
— Obligations	1 198 682.50
Etudes	1 »
Usine d'Arudy	1 »
Frais de premier établissement	1 »
Mobilier	1 »
	21 888 938.80

Passif.

	fr
Capital	10 000 000 »
Créanciers divers	1 630 128.40
Titres à libérer (versements non appelés	2 969 250 »
Coupons Omnium Lyonnais	75 035.39
Réserve légale	453 568.94
Fonds de prévoyance	5 000 000 »
Compte provisionnel	999 625.93
Profits et pertes : Bénéfices de l'exercice 1915-1916	819 460.75
Report précédent	31 869.50
	21 888 938.80

Revues, analyses et informations

La clientèle de l'industrie minière du Transvaal.

Nous n'avons pas à rappeler (car cela est universellement connu) que l'industrie minière, soit industrie aurifère soit industrie des diamants ou de l'exploitation de la houille, tient une place considérable dans l'activité de toute l'Afrique du Sud britannique, et, en particulier, dans celle du Transvaal. En dépit du régime douanier, assez hostile à l'importation étrangère proprement dite, il est possible d'introduire dans l'Union Sud-Africaine et plus spécialement au Transvaal un certain nombre de produits, d'articles manufacturés provenant de l'industrie française; et il est intéressant de savoir quelle est l'importance de ces consommateurs que sont les exploitations minières du Transvaal au point de vue plus particulier du matériel électrique entendu largement.

Digitized by Google

Il faut se rappeler que les mines du Transvaal, pendant l'année 1915, pourtant assez peu favorable, ont consacré une dépense d'environ 289 millions de francs, ce qui accuse d'ailleurs une augmentation de 12 millions et demi environ par rapport à l'année précédente, à leurs achats d'approvisionnements de toutes sortes. Ce qui prouve la prédominance de cette industrie du Transvaal par rapport à l'industrie analogue de tout l'ensemble de l'Union Sud-Africaine, c'est que le chiffre correspondant pour les colonies du Cap, de l'Orange et du Natal n'a pas été dans l'ensemble, pendant cette même année, de plus de 15 à 16 millions de francs.

Dans la dépense de 289 millions environ que nous indiquions, la part des mines d'or n'a pas été de moins de 274 millions ; cela montre leur prédominance presque exclusive. Il est du reste assez curieux de noter que les mines d'or du Witwatersrand ont représenté la presque totalité de ces achats, à 12 millions près. Ce district minier est donc le plus intéressant : c'est là qu'il faut chercher la clientèle des acheteurs.

D'une manière générale, disions-nous, c'est l'industrie aurifère qui représente la grosse masse de ces clients possibles. Et le fait est que, pour les importations et achats de pièces fondues soit en fer, soit en bronze ou en cuivre (le relevé qui est fourni par le département des mines et des industries de l'Union Sud-Africaine ne donnant pas une décomposition plus complète), la part des mines d'or a été respectivement de 1 850 000 fr pour les pièces fondues en fer, de 820 000 fr environ pour les pièces en bronze ou en cuivre, alors que le total pour tout l'ensemble des mines du Transvaal ne dépassait pas, respectivement, 1 940 000 et 815 000 fr. Il ne reste donc que bien peu pour les consommations analogues des mines diamantifères ou carbonifères ou autres. En ce qui concerne plus spécialement les articles électriques, la machinerie électrique pour son compte représente un total de consommation de 5 470 000 fr, alors que la part des seules mines d'or est de 5 268 000 fr. De même pour les pièces détachées de machinerie électrique, entendues largement (puisque, ici encore, nous ne nous trouvons pas en face d'un détail minutieux), la part des seules mines d'or est d'environ 1 285 000 fr sur un total qui ne dépasse pas beaucoup 1 400 000 fr pour les exploitations minières de toute espèce. Le matériel électrique appliqué plus spécialement à la production de la force motrice et de la lumière s'accuse, toujours pour cette année 1915, par un chiffre total de 27 280 000 fr. On peut dire que le total des achats de toutes sortes s'applique uniquement aux exploitations minières aurifères, les autres mines ne venant dans ce total que pour quelques milliers de francs à peine.

Pour ce qui est plus particulièrement des lampes et des pièces détachées de lampes envisagées au point de vue spécial, le total est d'environ 375 000 fr, ce qui n'est pas un gros chiffre : mais la part des mines d'or est de 358 000 fr; cela ne laisse que peu de chose, ici encore, pour les autres exploitations minières. La machinerie et les outils en général nous intéressent moins, puisqu'il ne s'agit pas vraisemblablement de spécialités électriques. L'ensemble des achats a été, en 1915, de 8 530 000 fr à peu près, mais là-dessus les exploitations aurifères ont pris pour leur part un peu plus de 7 098 000 fr : toujours la même prédominance. Les pièces détachées de machines et machineries, sans spécification expresse, ont représenté une valeur totale de 6 368 000 fr, et la part des mines diamantifères, houillères ou autres exploitations minières n'a même pas été de 350 000 fr dans l'ensemble. Il est à noter que le métal antifriction a représenté 515 000 à 520 000 fr d'achats, dont un peu moins de 25 000 fr pour les exploitations minières autres que les exploitations aurifères.

Nous laissions entendre que ce que l'on désigne dans les statistiques sous le nom de machines, machinerie, machines-outils et outils peut couvrir des produits de l'industrie de la construction électrique. Le fait est que, à côté de machines à vapeur, de pompes à commande pneumatique, à commande à vapeur, de transporteurs, d'élévateurs, d'appareils de réduction, de levage, etc., nous trouvons les pompes commandées indirectement par moteur électrique pour une valeur de 655 000 fr à peu près, dont plus de 590 000 fr pour la part des exploitations aurifères. Il a été acheté pour les exploitations minières du Transvaal 95 000 fr de véhicules automobiles électriques, et uniquement pour le service des exploitations aurifères.

Si nous décomposons la machinerie électrique totalisée tout à l'heure dans un chiffre d'ensemble, nous verrons que, dans celui-ci, les générateurs électriques, y compris les machines commandant ces générateurs quand il y a commande directe, ont représenté une valeur de 140 000 fr, partagée du reste à peu près par moitié entre les exploitations aurifères et les exploitations diamantifères, carbonifères et autres. Pour les élévateurs, ascenseurs, monte-charges électriques, le total a été de 695 000 fr, dont 25 000 fr à peu près pour les exploitations minières secondaires. Nous passerons rapidement sur les locomotives électriques, uniquement achetées pour les exploitations aurifères, et représentant une valeur de moins de 50 000 fr. Ce sont ensuite les moteurs électriques commandant des pompes (ce chiffre comprenant les pompes commandées directement) et pour une valeur de 740 000 fr, à peu près, presque uniquement au bénéfice des exploitations aurifères.

La valeur des moteurs électriques de type divers et n'entrant pas dans les catégories que nous venons d'indiquer a été de 691 000 à 692 000 fr, avec la même prédominance presque exclusive ; c'est ensuite 1 472 000 fr pour tout le matériel des lignes de transport de force et d'éclairage et pour les transformateurs et les appareils auxiliaires. On a compté quelque 557 000 fr pour les sonneries électriques, les téléphones, l'appareillage correspondant, les mines ordinaires ne comptant dans ce chiffre que pour une valeur absolument minime.

La différence entre le chiffre total que nous donnions précédemment de la machinerie électrique envisagée dans son ensemble, et les différentes valeurs que nous venons d'indiquer correspond aux machines diverses non spécifiées expressément.

D. B.

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

1re Année. — Tome I. — N° 11. — 17 Mars 1917.

Chronique. — Comment la science peut venir en aide à l'industrie pour la solution des problèmes techniques. — A propos de l'antidiffuseur radiographique Tauleigne et Mazo. — Le traitement des ingénieurs aux Etats-Unis. — Les forces économiques des puissances belligérantes avant la guerre, p. 401 et 402.

Section scientifique et technique. — L'état actuel des théories électriques *(suite)*, par Marcel Brillouin, p. 403. — Courants admissibles dans les câbles armés souterrains, par R.-V. Picou, p. 410.

Section industrielle. — Etude économique de la transmission de l'énergie électrique, par George-P. Roux, p. 413. - Les sous-stations de transformation extérieures, par J. V., p. 423.

Section économique et financière. — Commerce de l'Italie en matériel électrique, d'après les statistiques douanières de ce pays, par Désiré Pector, p. 429. — Assemblées générales : Les exploitations électriques, p. 437.

Section de législation. — La réglementation des salaires pour les fabrications de guerre, p. 439. — Législation, jurisprudence, réglementation, p. 439.

Comment la science peut venir en aide à l'industrie pour la solution des problèmes techniques. — Tous les ingénieurs connaissent l'active campagne que mène, depuis plusieurs années déjà, M. Henry Le Chatelier afin d'établir, entre la science et l'industrie, une union de plus en plus étroite. La guerre, en venant démontrer l'urgente nécessité de cette union pour le développement de nos intérêts économiques, a, en même temps, suscité diverses propositions en vue de sa réalisation pratique.

Parmi ces propositions, il en est une que, à l'instigation de M. Le Chatelier, l'Académie des Sciences a fait sienne : c'est la création en France d'un laboratoire national de recherches scientifiques destiné à fournir à notre industrie les renseignements que les industriels de la Grande-Bretagne, des États-Unis et de l'Allemagne trouvent auprès de leurs laboratoires nationaux respectifs, National Physical Laboratory, Bureau of Standards et Physikalisch-Technische Reichanstalt.

De quelle manière ce laboratoire et, plus généralement, les laboratoires déjà existants qui se livrent à des recherches scientifiques, pourront-ils contribuer au développement de notre industrie? C'est ce qu'indique M. Le Chatelier dans une récente communication à l'Académie des Sciences [1].

Cette mise en œuvre de la science, écrit M. Le Chatelier, présente une difficulté sérieuse résultant de l'ignorance des savants au sujet des problèmes dont la solution peut intéresser l'industrie et au sujet de la méthode par laquelle ils peuvent se rendre le plus utiles. Ils ont trop souvent la tendance de déserter la science véritable pour se livrer à des tâtonnements empiriques et essayer de mettre eux-mêmes sur pied de véritables procédés industriels. C'est là une erreur complète. Faute d'être documentés sur les essais innombrables déjà faits dans les usines, ils redécouvrent des choses archiconnues et perdent leur temps à des tâtonnements que des ingénieurs ou des contremaîtres d'usines feraient aussi bien et même mieux. Leur rôle doit se borner à étudier les lois scientifiques des phénomènes élémentaires appliqués par les industriels et à ces derniers incombe le soin de tirer parti des documents ainsi mis à leur disposition. Mais encore faut-il signaler aux savants les problèmes à résoudre. L'éminent et regretté directeur de l' « Engineering », Henri Maro, avait inauguré une série de conférences intitulées : Unsolved problems of..., problèmes non résolus de telle ou telle industrie. Cette tradition a été suivie en Angleterre par plusieurs grands industriels. Elle n'est sans doute pas restée étrangère au développement remarquable de l'emploi des méthodes scientifiques de travail dans les usines anglaises.

Il convient donc que tout d'abord les industriels fassent connaître nettement les problèmes scientifiques non résolus de leur industrie. C'est souvent fort délicat et pour leur montrer comment la question doit être posée, M. Le Chatelier donnait quelques exemples de problèmes non résolus en verrerie, en métallurgie, en pyrométrie, en chauffage et en agriculture.

Voici ce qu'il écrivait à propos du chauffage, qui intéresse plus spécialement nos lecteurs.

La conductibilité des matériaux servant à faire les parois des fours industriels, dit M. Le Chatelier, et celle aussi des masses de charbon brûlé dans les foyers sont des facteurs

[1] *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 29 janvier 1917.

Digitized by Google

essentiels de la bonne utilisation des combustibles. On connaît la conductibilité des métaux, mais on a seulement pour les matériaux réfractaires des données empiriques variant souvent du simple au double suivant les conditions de fabrication. On ne possède aucun renseignement, même empirique, sur la conductibilité de masses de charbon, et pourtant cette conductibilité est le facteur capital de la fusion ou de la non-fusion des mâchefers, phénomène si important dans la conduite du chauffage. Pour rendre ces mesures réellement scientifiques, il faudrait faire les expériences sur des entassements de billes sphériques de nature déterminée, dont on ferait varier systématiquement le diamètre et la température. On pourrait alors établir la loi du phénomène, faire la part, dans la transmission de la chaleur à travers les masses poreuses, du rayonnement, de la convection et de la conductibilité proprement dite. Par la même occasion on pourrait étudier la loi de circulation des gaz à travers de semblables masses. Ces résultats seraient utilisables, non seulement pour le chauffage, mais encore pour le choix des sables de fonderies et dans bien d'autres circonstances.

Citons encore les lignes suivantes relatives aux recherches scientifiques qui permettraient d'améliorer la précision des pyromètres thermo-électriques :

La force électromotrice thermo-électrique d'un couple dépend avant tout de la température de la soudure, mais aussi, à un moindre degré, de la loi de répartition des températures le long des fils entre la soudure chaude et la soudure froide. C'est là un phénomène connu qualitativement, mais dont l'étude quantitative demanderait à être achevée.

Si nous faisons ces citations et surtout si nous les présentons en cette place, c'est que, conformément au programme tracé par M. Blondel, la « Revue générale de l'Électricité » doit servir de lien entre la science et l'industrie électrique et que dès lors il convenait quelle fît appel aux industriels électriciens pour leur demander de contribuer aux efforts de M. Le Chatelier en faisant connaître les problèmes scientifiques dont ils voudraient avoir la solution. Plus qu'en toute autre industrie ces problèmes sont nombreux dans l'industrie électrique. D'un autre côté, les industriels électriciens ont maintes fois montré, par les travaux qu'ils ont fait effectuer au Laboratoire central d'Électricité, qu'ils n'etaient pas embarrassés pour, malgré les difficultés, poser nettement les problèmes qu'ils ont intérêt à voir solutionner. Nous comptons donc qu'ils répondront à notre appel et que nous pourrons bientôt ouvrir dans ces colonnes une rubrique, *Les problèmes non résolus de l'industrie électrique*, où seront publiés les énoncés de ces problèmes.

A propos de l'antidiffuseur radiographique Tauleigne et Mazo. — La maison Gallot et Cie nous adresse à ce sujet la lettre ci-dessous :

Nous remarquons dans le numéro 8 du 24 février 1917, pages 286 de la « Revue générale de l'Électricité », un compte rendu de la séance du 16 février 1917 de la Société française de physique dans lequel vous signalez que M. E. Mazo présente un dispositif de filtre de Bucky se déplaçant devant la plaque radiographique de façon à éviter la trace des lames du filtre sur la radiographie.

Nous vous signalons que nous avons fait breveter ce dispositif le 31 mars 1914 concurremment avec d'autres dispositifs qui nous paraissent devoir donner des résultats meilleurs.

Nous montrions d'ailleurs à notre stand de l'exposition de la Société de physique, séance de Pâques 1914, un essai de filtre constitué par une spirale tournante.

Malheureusement, les événements qui se déroulent depuis le 1er août 1914, ne nous ont pas permis de continuer les nombreux travaux de mise au point que nous avions en cours, tous nos efforts étant, depuis cette époque, consacrés à la fourniture du matériel demandé par les services de santé des armées françaises et alliées.

Nous vous sommes reconnaissants d'avoir bien voulu rappeler les expériences que nous avons présentées à l'exposition de la Société de physique, séance de Pâques 1914 concernant l'importance des rayons secondaires et leur élimination par filtre de Bucky.

La présente lettre n'a pour objet que d'établir nos droits d'antériorité concernant le déplacement du filtre de Bucky dans le but d'éviter sa trace sur la radiographie.

Le traitement des ingénieurs aux États-Unis. — L'American Society of civil Engineers, qui a fait une enquête sur ce sujet, a publié dans ses « Proceedings » de décembre les résultats du dépouillement des 6 378 réponses qui lui ont été adressées.

D'après les graphiques résumant ces réponses, le traitement moyen de début est de 1 187 dollars, soit près de 6 000 fr; il monte très régulièrement avec le nombre des années de service jusqu'à trente ans de service où il est de 8 690 dollars, soit d'environ 43 500 fr; au delà de ces trente années, le traitement moyen varie assez irrégulièrement avec plutôt tendance à diminution.

Le minimum des traitements descend jusqu'à 600 dollars, chiffre que les rapporteurs estiment beaucoup trop faible, pour les services rendus; le maximum arrive à 150 000 dollars.

Les anciens élèves des écoles d'ingénieurs sont généralement mieux rémunérés que les ingénieurs qui se sont formés à l'usine. Les ingénieurs-conseils et les ingénieurs des entreprises de travaux publics sont ceux qui sont les mieux rémunérés; les ingénieurs des services gouvernementaux ou locaux sont les moins favorisés.

Les forces économiques des puissances belligérantes avant la guerre. — Tel est le titre d'une petite brochure qui vient d'être publiée (1). L'auteur, M. B. Fayolle, s'y pose la question : quelles sont les conditions essentielles d'une longue et fructueuse paix pour la France? Il y répond par une étude dont la clarté et la concision, qui lui ont valu une souscription du ministère du Commerce et de l'Industrie, seront appréciées des lecteurs.

(1) Brochure in-12, publiée sous les auspices de la Chambre de commerce de Nancy et de l'Office économique de Meurthe-et-Moselle. Avec un tableau in-folio. Berger-Levrault, éditeurs, 5-7, rue des Beaux-Arts, Paris. Prix : 0,60 fr.

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

L'Etat actuel des théories électriques

ACTION DU CHAMP MAGNÉTIQUE SUR LE COURANT DE CONVECTION

Les expériences de Rowland et Pender, discutées dans un précédent article, demandent une réciproque, c'est-à-dire, qu'il convient de vérifier si un champ magnétique réagit, de son côté, sur le courant de convection. Il n'est pas possible de montrer cette action directement sur le disque en rotation, mais on peut réaliser des courants de convection très sensibles, dégagés de tout support matériel, à l'aide des décharges électriques dans les tubes à gaz raréfiés et à l'aide aussi des rayonnements émis par les corps radio-actifs. La présente étude se borne au premier cas. L'auteur y analyse les phénomènes complexes qui se manifestent dans les tubes à rayons cathodiques tels que nous les connaissons et laisse prévoir que beaucoup d'effets perturbateurs disparaîtraient, si l'on arrivait à assurer le transport de l'électricité négative, entre la cathode et l'anode, par des corpuscules seuls. Cette idée est réalisée déjà, au moins partiellement, dans le tube Coolidge et dans la cathode de Wehnelt. L'article se termine par la description des expériences de Wiechert pour la détermination directe de la vitesse des corpuscules; dès 1899, ce physicien avait trouvé qu'elle est comprise entre 0,13 et 0,17 de la vitesse de la lumière. Ces mêmes expériences ont donné, pour le rapport de la charge à la masse, une valeur très voisine de celles obtenues par d'autres expérimentateurs.

1re partie : Les rayons cathodiques; leur vitesse

1. — Toute étude complète d'action mutuelle de deux systèmes de nature différente exige que l'on mesure l'action du premier sur le second, et celle du second sur le premier. La comparaison des résultats permet seule de reconnaître s'il s'agit d'une action directe ou d'une action par milieu interposé, ayant un rôle mécanique plus ou moins complexe et difficile à mesurer (1). C'est ainsi que, il y a près d'un siècle, Biot et Savart ont étudié l'action des courants sur les aimants, tandis qu'Ampère déterminait les lois d'action des aimants sur les courants. Les expériences de Rowland et de Pender, discutées au chapitre précédent, correspondent à celles de Biot et Savart. C'est de leurs réciproques, analogues à celles d'Ampère, qu'il faut nous occuper maintenant.

L'attaque directe de la question est impraticable; la lecture du chapitre précédent le montre assez! Quelque puissant qu'on imagine un champ magnétique, son action mécanique sur les disques en rotation rapide de la machine de Rowland ne saurait être mesurable; et comment pourrait-on la séparer de toutes les autres actions parasites, soit sur les parties fixes, soit sur les parties mobiles et les transmissions?

Pour pouvoir essayer l'expérience, il faut être en possession d'un courant de convection très sensible aux actions extérieures et, par conséquent, aussi dépourvu que possible de tout support matériel rigide et inerte. Ce genre de courants de convection est réalisable de deux manières, électriquement très analogues, mais techniquement très différentes :

1° A l'aide des décharges électriques dans les tubes à gaz raréfiés;

2° A l'aide de l'un des rayonnements émis par les corps radio-actifs, et surtout par le radium.

Commençons par les décharges électriques dans les gaz, et, pour être à même d'apprécier le degré de certitude des résultats, rappelons rapidement les phénomènes qui se produisent dans ces tubes, tels qu'on les connaît actuellement.

A. — Les rayons cathodiques.

2. — On sait depuis très longtemps que les lueurs, par lesquelles se manifeste le transport de l'électricité à travers les gaz raréfiés, sont déplacées par l'approche d'un aimant ou d'un électro-aimant dans une direction conforme à la règle établie pour les courants filiformes. Il n'est guère de physiciens qui n'aient contemplé avec plaisir ces belles expériences et qui ne se soient distrait en les variant, qualitativement; on en trouve dans les recueils scientifiques d'innombrables descriptions, accompagnées de figures presque aussi nombreuses que dans les travaux d'anatomie descriptive. Les expériences quantitatives, accompagnées de mesures de la déformation de la lueur

(1) Voir M. Brillouin. *Quantités de mouvements et actions mutuelles*, chez Hermann. Extrait du *Bulletin de l'Union des Physiciens* (p. 27-28, le radiomètre).

Digitized by Google

ou de son déplacement, sont plus rares ; elles n'ont été entreprises et discutées que depuis une trentaine d'années. Il fallait, en effet, pour en tirer parti, avoir adopté une hypothèse assez solidement établie sur le mode de transport de l'électricité à travers les gaz raréfiés, et sur la liaison entre les lueurs observées et la trajectoire du courant.

Tant que la pression ne tombe pas au-dessous du dix-millième d'atmosphère, les phénomènes sont trop complexes pour se prêter à la recherche de lois d'action mécanique des aimants et courants extérieurs sur les porteurs d'électricité dans le gaz. Mais lorsqu'on atteint le vide de Crookes (ou de Hittorf), une séparation se fait entre les porteurs d'électricité positive et les porteurs d'électricité négative. Ces derniers constituent les rayons cathodiques et marchent à partir de la cathode en ligne droite jusqu'aux parois qui font face à la cathode, quelle que soit la position de l'anode. La marche est d'autant plus rigoureusement rectiligne que la pression est plus basse, tant que le courant passe à l'intérieur du tube [1].

3. — Des expériences bien connues de J.-J. Thomson ont montré que le rapport de la masse inerte des porteurs d'électricité négative à leur charge électrique est beaucoup plus petit que dans l'électrolyse et indépendant de la nature du gaz qui remplit le tube ; d'où le nom caractéristique de corpuscules, ou d'électrons adopté pour ces porteurs. Au contraire, pour les porteurs d'électricité positive, ce rapport dépend de la nature du gaz qui remplit le tube, et est sensiblement le même que dans l'électrolyse pour le même anion [2].

De là résulte une très grande différence dans le mécanisme du transport d'électricité à travers les gaz suivant le degré de raréfaction. Lorsque la pression n'est pas très basse, les porteurs d'électricité s'entourent, par attraction électrique, de molécules neutres voisines ; ils deviennent des mobiles massifs et encombrants, et sont gênés et déviés fréquemment par les molécules gazeuses libres [3] ; les résistances proportionnelles à la vitesse moyenne prennent une importance prépondérante ; la fréquence des rencontres empêche l'accélération due aux forces extérieures de produire de grandes vitesses. Les propriétés des mobiles positifs et négatifs diffèrent peu ; chaque élément de volume reste à peu près neutre.

Aux très basses pressions, au contraire, les corpuscules négatifs, dont l'inertie est très faible, acquièrent rapidement sous l'influence des forces extérieures des vitesses considérables, et les conservent d'autant mieux, en dehors du domaine d'action de ces forces, que les chocs sont plus rares, dans un vide très poussé. Leur trajectoire n'est ni rigoureusement rectiligne, ni rigoureusement indépendante de la position de l'anode ; mais il s'en faut de peu. Les ions positifs dont la masse est 1 000 ou 10 000 fois plus grande n'acquièrent jamais que de faibles vitesses, et restent par conséquent sensibles à la distribution du champ électrique même après un long parcours ; leur trajectoire, très différente de celle des corpuscules, dépend de la position de l'anode et est généralement courbe.

4. — Cette différence dans les trajectoires localise les charges négatives sur ce trajet des corpuscules, et les charges positives sur le trajet des ions positifs. L'attraction mutuelle électrique des uns pour les autres ne suffit plus à les maintenir assez mêlés pour que chaque élément de volume du gaz soit à peu près neutre.

De cette séparation résulte la production d'un champ électrostatique transverse aux trajectoires, qui vient compliquer la distribution électrique dans le tube, et peut la rendre très différente de celle que produiraient les mêmes électrodes dans un diélectrique immobile. Il est impossible de la décrire sans connaître, au moins approximativement, la distribution des densités positives, qui dépend beaucoup plus des circonstances extérieures ou accessoires du montage, que celle des densités négatives.

Par contre, il en résulte un avantage considérable pour la recherche des lois de la dynamique électrique : *il devient possible d'observer séparément les changements de trajectoires des corpuscules sous des actions extérieures diverses, et d'en déduire les actions mécaniques subies par un courant de convection mono-électrique pur.*

5. — Jusque vers la fin du XIX[e] siècle on considérait l'intensité d'un courant électrique comme un tout algébrique ; pour écrire qu'un courant de conduction se ferme, on se contentait d'une équation de condition, portant sur l'intensité totale, et cela suffisait, pensait-on, à assurer la fermeture complète du courant.

A vrai dire, déjà dans l'électrolyse, les conditions de permanence étaient plus nombreuses, et il était indispensable d'énoncer une condition de conservation séparée pour chacun des ions qui prennent part au transport de l'électricité ; mais les variations extrêmement lentes dues aux progrès de l'électrolyse n'empêchent pas la condition électrique unique de jouer un rôle à part, suffisant pour l'étude des variations rapides du courant, du moins dans les conditions ordinaires de l'électrolyse — volume et concentration notables de l'électrolyse, surface étendue des électrodes.

Il n'en est plus de même lorsqu'il s'agit des gaz raréfiés.

La condition de fermeture du courant portant sur l'intensité totale joue encore un rôle dans la partie purement électrique du phénomène ; mais on ne peut pas s'en contenter. *Il faut considérer à la fois toutes les conditions de continuité des flux des différents porteurs d'électricité.*

(1) Voir J. J. Thomson. *Passage de l'électricité à travers les gaz*. Traduction française, Paris, Gauthier-Villars, 1912 (en particulier ch. XVI, XVII, XIX et XXIII).
F. Villard. *Les Rayons cathodiques* (collect. Scientia).

(2) Voir J.-J. Thomson : *Rays of positive electricity*, 1 vol., 1913. Longmans C°; *Revue des Sciences pures et appliquées : Société de Physique*, séance de Pâques, 1913, *Journal de Physique*, 1913.

(3) Langevin. *Thèse*, 1902 et *Ann. de Phys. et Chimie*.

Digitized by Google

Il paraît y avoir au moins autant d'espèces d'ions positifs distincts que de matières chimiques simples; seuls les ions de même matière, quoique de valence différente, semblent être convertibles les uns en les autres, dans des conditions encore incomplètement précisées. Je ne crois pas qu'on ait rien de définitif à dire sur les échanges de charges positives entre ions de nature chimique différente. Provisoirement du moins, ces échanges doivent être regardés comme impossibles. *La charge positive d'un ion ne l'abandonne pas pour entrer dans la circulation électrique générale. Il faut suivre chaque espèce d'ion positif dans toute sa course ; il ne cesse d'être un ion, et d'intéresser le courant électrique, qu'en absorbant un corpuscule négatif ou plusieurs, s'il est plurivalent.*

Il en est tout autrement des corpuscules négatifs. Il paraît certain qu'ils sont partout identiques, mais c'est une question que nous examinerons dans un autre chapitre. *Il suffit de savoir que les corpuscules négatifs sont ou identiques ou convertibles sans restriction les uns en les autres, quelle que soit leur provenance.*

Quant au transport des charges négatives, une seule condition de continuité suffit, dans tout le circuit ; elle porte sur le flux négatif total, sans distinction d'origine des corpuscules porteurs.

Dans les liquides et dans les gaz, les ions positifs sont mobiles, et contribuent au flux d'électricité total. Dans les métaux solides, les ions positifs sont ou rigoureusement immobiles, ou enfermés par le réseau de molécules fixes dans une cellule étroite infranchissable ; c'est une question à discuter plus tard. Ils ne prennent aucune part à la circulation électrique générale ; ils n'abandonnent pas le métal ; on doit les traiter comme immobiles.

Dans les conducteurs métalliques solides, les mobiles sont uniquement des corpuscules négatifs (1).

Quant aux diélectriques solides il faut les étudier à part.

6. — Décrivons maintenant, au moins dans leurs traits les mieux connus, les caractères principaux du courant dans le tube à rayons cathodiques. Le tube est supposé alimenté par une source à potentiel constant, machine électrostatique avec une grande capacité en dérivation et un trop-plein électrique, ou mieux une batterie d'un très grand nombre de petits accumulateurs comme le montre la figure 1.

Les phénomènes sont plus compliqués lorsque l'alimentation est intermittente, comme par une bobine d'induction, et l'interprétation des effets dynamiques dus à des actions extérieures en est rendue beaucoup plus incertaine.

Pour qu'il y ait passage d'électricité du métal au gaz et fermeture du courant permanent par le gaz, il faut que les corpuscules sortent du métal à la cathode, traversent le gaz et soient réabsorbés à l'anode par le métal, avec le même débit électrique aux deux extrémités; mais il n'est pas nécessaire que ce soient les mêmes corpuscules qui fassent tout le trajet.

L'absorption des corpuscules négatifs par l'anode, qui les attire, paraît se faire sans difficulté et presque

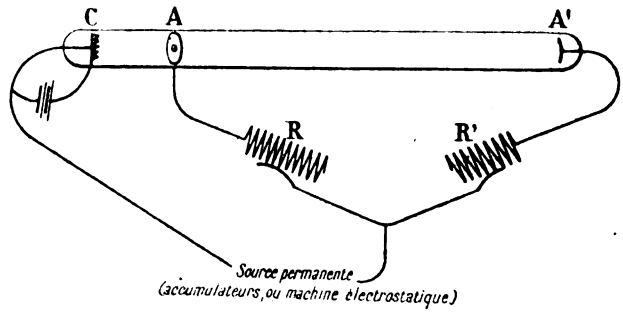


Fig. 1. — Schéma d'un tube idéal, à cathode chauffée, pour la production des corpuscules.

de la même manière par tous les métaux; elle ne semble pas avoir été étudiée avec quelque précision aux très basses pressions des tubes à rayons cathodiques.

La sortie des corpuscules à la cathode est plus difficile, du moins à la température ordinaire et pour les métaux usuels. L'ensemble des expériences, dont je connais la description, ne donne pas une impression bien nette sur le mode de passage du courant à la cathode aux vides avancés.

Le seul mécanisme compatible avec un véritable état permanent serait l'émission de corpuscules par le métal, soit sous l'influence du champ électrique seul, soit sous l'action des chocs des molécules ou surtout des ions positifs du gaz, soit sous l'influence de la chaleur, de la lumière ultra-violette, etc. J'en reparlerai plus loin (n° 12).

7. — En somme, il semble encore difficile de donner une description nette des échanges électriques entre le gaz et le métal, à basse température. Le fait le plus important est le suivant :

Le flux d'électricité n'est pas uniformément distribué sur toute la surface libre de la cathode ; il n'a même pas une distribution continue ; il est étroitement localisé ; sur la portion de surface utilisée, la densité de courant est uniforme, quelle que soit la forme de la cathode (disque ou fil) ; elle s'arrête brusquement et est nulle au delà, tant que le courant total est inférieur au produit de la surface totale par la densité de courant caractéristique.

Les régions qui sont le siège de l'échange d'électricité entre le gaz et la cathode sont occupées par une lueur, ordinairement violacée, à bords nettement limités (1).

La densité et la nature du gaz ont une influence prépondérante sur le phénomène.

C'est là une propriété tout à fait étrange; des expériences très variées de M. Villard montrent que la posi-

(1) Voir *Les Idées modernes sur la Constitution de la matière*. Conférences à la Société de Physique, 1912. Paris, Gauthier-Villars, 1913.
La Théorie électronique des métaux, par E. Bloch, p. 148-191.

(1) Villard. *Loc. cit.*, ch. xiv.
J. J. Thomson. *Loc. cit.*, p. 538.

Digitized by Google

tion et l'étendue de la tache lumineuse sur la cathode, ainsi que celle du faisceau cathodique (lumineux dans l'oxygène pur), dépendent étroitement de la forme de la paroi de verre à petite distance de la cathode. Il ne s'agit donc pas d'un phénomène purement électrique, mais d'une influence essentielle de la circulation du gaz sur la localisation des échanges, comme nous le verrons mieux plus loin.

8. — S'il n'y avait pas dans le gaz d'autres porteurs d'électricité que les corpuscules fournis par la cathode froide, le débit du tube, même pour d'énormes différences de potentiel, resterait très faible. En outre, si l'anode n'était pas aussi une anticathode, recevant tous les corpuscules sortis de la cathode pour les rendre à la circulation, aucun état permanent ne pourrait s'établir.

Pour découvrir comment les ions se distribuent dans le tube, deux méthodes expérimentales ont été associées : étude de la distribution des potentiels électriques ; étude de la distribution des conductibilités transversales à la décharge. Bien que la pression des gaz qui ont servi à ces recherches ait généralement été supérieure à un millième d'atmosphère, c'est-à-dire bien plus grande que dans un tube à rayons cathodiques, et que la forme des tubes et électrodes n'ait pas été assez variée, on peut en tirer des indications au moins qualitatives. A partir de la cathode — probablement en éventail à partir de la partie lumineuse qui débite — le potentiel V croît et tend exponentiellement vers une valeur limite qu'il atteindrait à la limite de l'espace sombre de Crookes, là où apparaît la lumière vive qui sépare cet espace sombre de celui de Faraday ; c'est du moins ce qui se produirait si les parois du vase étaient au delà de cette limite. Cette loi de variation, non linéaire, fournit une valeur de ΔV différente de zéro. *Il y a un excès de charges positives sur les négatives d'autant plus marqué que le point considéré est plus près de la cathode* — probablement de sa partie lumineuse.

Tout au contraire, la conductibilité transversale est très faible au voisinage de la cathode, et croît à mesure qu'on s'en éloigne, passe par un maximum, dans la lumière qui sépare l'espace sombre de Faraday de celui de Crookes et décroît de nouveau dans cet espace sombre. En gros, dans le gaz, les régions lumineuses sont des régions de grande conductibilité transversale. Ces régions de grande conductibilité presque neutres, sont des régions où existent un grand nombre d'ions positifs et de corpuscules négatifs, dont beaucoup ont une grande mobilité transversale parce qu'ils ont une faible vitesse longitudinale ; ce sont donc des régions où une grande partie de ces ions positifs et corpuscules viennent de se séparer, et n'ont pas encore été notablement accélérés par le champ électrique longitudinal.

9. — Plusieurs actions connues peuvent jouer un rôle dans cette ionisation :

1° Les chocs des corpuscules contre les molécules gazeuses ;

2° Les chocs des ions positifs contre les molécules gazeuses ;

3° L'action des rayons Röntgen émis par l'anticathode, et vraisemblablement aussi par les chocs moléculaires eux-mêmes, ces derniers rayons extrêmement absorbables ;

4° L'action de la lumière ultra-violette émise par le gaz lui-même, et par conséquent absorbable par lui.

Les spécialistes paraissent être à peu près d'accord pour attribuer le rôle prépondérant à la seconde action ; pour la même force vive, les ions positifs plus lents et plus encombrants semblent avoir une action destructive beaucoup plus grande que les corpuscules. Ceux-ci, lorsque leur mouvement est rapide, paraissent n'exercer aucune influence appréciable sur les molécules près desquelles ou à travers lesquelles ils passent [1]. Sans pouvoir trouver une limite bien définie, on regarde donc les corpuscules, émanés de la cathode même ou nés dans son voisinage, comme ayant une action ionisante minime, parce que, dans le champ électrique très grand au voisinage de la cathode, ces corpuscules acquièrent très vite une grande vitesse, constamment croissante.

Les corpuscules nés loin de la cathode, dans une région voisine du maximum de potentiel et où le champ électrique est faible, ne subissent que de faibles accélérations et n'acquièrent qu'une vitesse modérée ; leur action sur les molécules près desquelles ils passent peut durer assez longtemps pour les désorganiser. L'action ionisante des corpuscules passe par un maximum pour une certaine valeur de leur force vive et décroît ensuite.

10. — Donc, loin de la cathode, l'ionisation serait due à la fois aux chocs des ions positifs et à ceux des corpuscules négatifs nés un peu moins loin. Plus près de la cathode, l'action ionisante des ions positifs deviendrait prépondérante, parce que leur action ionisante croît constamment avec leur force vive et que celle-ci augmente à mesure qu'ils se rapprochent de la cathode.

Ces ions positifs constituent ce que M. Villard appelle l'*afflux cathodique*, qu'il faut laisser arriver tout près de la cathode pour avoir une abondante production de corpuscules soumis à toute la différence de potentiel depuis la cathode jusqu'à la paroi, et fournissant un grand débit en rayons cathodiques rapides. Ainsi s'explique, en gros, le rôle de la paroi, comme obstacle à l'arrivée des ions positifs, et comme limitant la distance d'où ils peuvent provenir et par conséquent la vitesse qu'ils peuvent acquérir en se précipitant vers la cathode.

Il paraît difficile de suivre le mécanisme de plus près ; deux actions importantes devraient encore être étudiées : la recombinaison des ions, et le mouvement d'ensemble des molécules neutres du gaz.

Tant que le courant passe, la recombinaison ne peut être importante que loin de la cathode, là où le champ est faible et les mouvements lents ; mais une analyse précise exigerait qu'on ait quelque idée de la distribu-

(1) Rutherford. *Radioactive substances and their Radiations*, 1913, (voir p. 230-250) et publications récentes.

Digitized by Google

tion des densités du gaz neutre, et de la circulation d'ensemble. En effet, les propriétés mécaniques si différentes des corpuscules et des ions positifs, les séparent vite, et il est évident que leur action mécanique moyenne sur les molécules gazeuses a une résultante différente de zéro, sans fluctuations importantes, toujours de même sens au même point du tube; en particulier sur le trajet des ions positifs, il doit y avoir entraînement des molécules neutres à peu près dans le même sens, et naissance d'une circulation générale tourbillonnaire dans l'ensemble du tube, c'est-à-dire amenant les molécules neutres vers la cathode dans la couche annulaire de la paroi. De ces actions il peut résulter, soit une distribution permanente du gaz, avec forte densité auprès de la cathode, soit une circulation générale permanente du gaz, arrivant par tout le contour, et rejeté en jet central, soit une circulation intermittente, plus ou moins saccadée, de direction constante. Les mouvements des petits moulinets que Crookes mettait dans ses tubes, sont-ils dus uniquement au jet de corpuscules négatifs, ou à une circulation générale de gaz, je ne crois pas qu'on le sache actuellement. Ce qu'on sait du processus d'ionisation par chocs, et de l'espèce d'*emballement* qui se produit lorsque l'ionisation est intense, n'est guère favorable aux deux premières hypothèses; il paraît plus probable qu'il se produit ordinairement de très fréquentes intermittences.

11. — Quoi qu'il en soit, même dans les meilleures conditions, lorsque l'ionisation d'une masse limitée de gaz intervient, il ne peut pas être question d'un état véritablement permanent; mais seulement d'un état moyen à variation lente. La diffusion, aussi bien des ions positifs que des corpuscules, en amène nécessairement quelques-uns contre les parois isolantes où ils se fixent; la masse de gaz diminue inévitablement. Tout le monde sait que le tube *durcit* par l'usage, lorsqu'il est bon; inversement, lorsque les métaux qui entrent dans sa construction sont mal choisis, ils émettent constamment des gaz et on n'arrive pas à vider le tube.

Dans toute cette description analytique, il reste un fait inexpliqué, c'est la limitation nette de la lueur cathodique et de la surface de passage du courant du métal au gaz; en particulier la forme annulaire de cette lueur, avec obscurité centrale, et production d'un cône de rayons cathodiques *creux* (avec des cathodes concaves, courants faibles, et très basse pression) reste bien extraordinaire. Cette discontinuité dans un phénomène où la nature du métal, sa forme, la distribution du champ dans le métal, et d'autre part la nature du gaz, sa distribution, ses mouvements varient d'une manière continue mériterait une étude expérimentale plus approfondie.

12. — Tel est l'organe essentiel de la recherche dynamique des lois d'action du champ magnétique sur un courant de convection mono-électrique rapide.

C'est le faisceau cathodique qui subira l'action à mesurer et dont le changement de trajectoire servira d'indicateur dynamométrique.

Mais la description qui précède montre que la direction, la forme même du faisceau varient notablement sous l'influence de dyssymétries extérieures, de la forme du vase par exemple. Dans quelle mesure le décentrage du faisceau, par changement de trajectoire, fera-t-il naître de semblables dyssymétries? Dans quelle mesure l'action, faible, du champ magnétique sur le courant d'ions positifs, en modifiera-t-il la distribution, modifiant aussi la distribution des densités électriques et du champ électrostatique qui en résulte?

C'est ce qu'il serait presque impossible d'apprécier, encore moins d'évaluer, si on ne prenait pas la précaution essentielle de localiser dans une partie du tube tous les organes de production des rayons cathodiques et de laisser arriver ceux-ci librement dans une autre partie du tube assez éloignée de la première, à travers une ouverture percée dans l'anode. A petite distance, au delà de l'anode, le champ producteur des rayons cathodiques devient très faible; ceux-ci continuent leur route à peu près librement. Tous les phénomènes compliqués et mal définis d'ionisation, de circulation des ions positifs et du gaz entraîné restent localisés dans la première région comprise entre la cathode et l'anode. Au delà de l'anode, il est probable que ces complications ont presque entièrement disparu; à ce point de vue, il n'est pas douteux que, dans cette seconde région, on a surtout affaire aux rayons cathodiques seuls.

13. — *Mais cet avantage n'est pas persistant. En effet, les corpuscules négatifs, qui forment ces rayons cathodiques lancés au delà de l'anode, sont soustraits à la circulation métallique et, de ce fait, résulte un défaut de fermeture du courant; aucun état permanent n'est possible dans le tube à gaz, ni même aucun état quasi permanent, mais seulement un état variable à peu près proportionnellement à la durée de l'expérience.* L'inconvénient est minime lorsque la mesure n'exige pas beaucoup de temps, comme dans les expériences de Wiechert que je vais décrire. Mais dans les expériences de très longue durée, par méthode photographique, dont je parlerai seulement dans un prochain article, l'inconvénient peut être grave. On s'efforce alors, en réglant le voltage, de maintenir constant le courant métallique; on emprunte donc à l'ionisation du gaz, pour les rendre à la circulation métallique, autant de corpuscules qu'on en a envoyés au delà de l'anode, ce qui laisse un excès égal d'ions positifs dans l'intervalle entre cathode et anode. Cette accumulation, constamment croissante, d'ions positifs, modifie constamment la distribution du champ et les conditions de projection des corpuscules. Le premier inconvénient est que la direction, ou au moins la grandeur de la vitesse de projection des corpuscules change d'une manière continue depuis le début de l'expérience.

Si on ne fournit pas de gaz neutre pour remplacer celui qui est ionisé, le tube durcit et on ne peut plus continuer l'expérience. Si on fournit du gaz neutre à un taux régulier, comme on le fait facilement avec l'osmorégulateur Villard, le fonctionnement se poursuit, *mais on n'évite pas l'accumulation continue d'ions positifs.*

Digitized by Google

Or, je crois nécessaire de le répéter ici, on sait que *les ions positifs du gaz ne prennent pas part à la circulation métallique :* ils restent dans le tube à gaz. Evidemment, quelque changement que l'on apporte au voltage du tube, on ne pourra pas les empêcher indéfiniment de sortir de la première région et de pénétrer à travers l'ouverture de l'anode dans la seconde région, celle qui sert à la mesure dynamométrique et de réagir sur la trajectoire même des rayons cathodiques, d'une manière actuellement impossible à évaluer, constamment croissante.

Pour que les expériences soient effectuées dans des conditions bien définies, il serait donc indispensable d'absorber les ions positifs dus au gaz; ce serait un progrès aussi important que l'a été pour les piles la dépolarisation des électrodes.

Le procédé le plus sûr consisterait à remplir le tube d'un gaz dont l'ion positif soit un métal identique à celui qui constitue la cathode. Il me paraît probable que c'est une des conditions de fonctionnement continu de la lampe à vapeur de mercure, ou des tubes à vapeur de cadmium, etc., employés en métrologie.

Au lieu de produire indéfiniment des ions positifs pour les absorber ensuite (si l'on peut), il vaut mieux assurer autrement le transport d'électricité entre la cathode et l'anode par des corpuscules seuls. C'est ce qu'on sait faire à l'aide d'une cathode chauffée par un courant auxiliaire à très haute température, si elle est en métal nu; à température moyenne, si elle est recouverte d'un oxyde terreux (chaux, baryte, etc.) [1].

Ce procédé, employé depuis quelques années, prendra de plus en plus d'importance pratique. Il convient alors de faire le vide aussi complètement que possible; l'usage du tube l'achèvera si les électrodes n'émettent pas de gaz. Les phénomènes complexes, décrits aux paragraphes 6 à 12, disparaîtront et le tube vide, à rayons cathodiques, deviendra presque aussi simple que le conducteur métallique. Sa résistance, pour une forme géométrique donnée, sera définie par une température, celle de la cathode.

Revenant à l'utilisation dynamométrique des rayons cathodiques, le tube idéal serait un long tube complètement vide, avec une cathode chauffée par un courant auxiliaire, une première anode perforée tout près, et une seconde anode, anticathode, pleine, beaucoup plus loin recevant tous les corpuscules émis dans le tube, de manière à éviter toute accumulation croissante avec le temps comme celui schématisé en figure 1.

14. — Dans les premières expériences que j'aurai à décrire, c'est le tube à gaz raréfié et cathode froide qui a été employé, avec toutes les complications qu'il entraîne. Toutes les expériences de mesure qui ont donné des résultats un peu précis ont été faites en comparant l'action d'un champ électrique et celle d'un champ magnétique extérieur sur le faisceau cathodique. La connaissance de la vitesse des corpuscules est alors indirecte; la vitesse conclue dépend de la théorie adoptée, de celle même qu'il s'agit de contrôler. Bien qu'il n'y ait aucune faute logique à tirer deux inconnues de deux équations, il est toujours plus satisfaisant, et d'une discussion plus facile et plus sûre, de mesurer chaque inconnue de la manière la plus directe possible. La vitesse, en particulier, a une définition si simple qu'on peut organiser une expérience fondée sur cette définition même.

C'est ce qu'a réussi à faire en 1899 M. Wiechert, et, bien que des difficultés techniques diverses, l'aient empêché d'atteindre une précision suffisante, je crois logique et utile de commencer par la description de cette mesure de la vitesse des rayons cathodiques.

B. — Détermination directe de la vitesse des corpuscules. — Méthode de Wiechert. 1899.

15. — Le principe de la méthode est simple : à une extrémité d'un tube de verre de plus d'un mètre de longueur, on produit à travers une étroite ouverture une émission intermittente de rayons cathodiques, commandée par l'action électromagnétique d'oscillations hertziennes; après un certain parcours dans le tube, ces rayons cathodiques atteignent une seconde ouverture et illuminent un écran phosphorescent placé en arrière. Près de cette ouverture est un cadre parcouru par des oscillations hertziennes de même origine que celles qui ont réglé les intermittences de l'émission, et synchrones. Si les rayons cathodiques intermittents arrivent à un moment où le champ est nul, ils passent librement et illuminent le verre : s'ils arrivent à un moment où le champ hertzien est intense, ils sont déviés, et arrêtés en totalité ou en partie par l'écran dans lequel est percée la seconde ouverture; l'illumination du verre est supprimée, ou au moins affaiblie. Si on règle l'appareil de manière à observer l'illumination maximum, l'intensité est nulle dans les oscillateurs hertziens au moment où les rayons cathodiques arrivent au deuxième écran. On connaît, par la construction, la phase pour laquelle se produit l'émission : on sait donc quelle fraction de période les rayons cathodiques ont employée à franchir la distance des deux diaphragmes. Dans le montage adopté par M. Wiechert, l'émission avait lieu au moment du maximum d'intensité; la durée de parcours était donc $\frac{1}{4}$ de période. Soit T la période, D la distance des diaphragmes, la vitesse de translation des rayons cathodiques est $\frac{4D}{T}$; si le tube est assez long, on pourra observer un second maximum à une distance $D' = 3D$ $\left(\frac{3}{4}\text{ de période}\right)$, etc.

La mesure géométrique de la distance ne présente aucune difficulté. L'appréciation du maximum d'éclat phosphorescent ne peut avoir aucune précision; c'est là le point faible des expériences. Si l'on évitait cette

(1) Voir J.-J. Thomson, *Passage de l'électricité à travers les gaz*, ch. VIII.

Digitized by Google

incertitude, il y aurait lieu de discuter la précision de la mesure de T et du synchronisme des deux circuits dont l'un commande l'émission et l'autre repère l'arrivée des rayons cathodiques, surtout si on voulait étudier les rayons très rapides qui sont les plus intéressants. Mais, dans les expériences telles que M. Wiechert les a faites, toute l'incertitude vient de la difficulté d'apprécier le maximum d'éclat phosphorescent, bien que diverses particularités rendent cette phase du phénomène la plus facile à repérer.

Nous pouvons maintenant décrire séparément les diverses parties de l'appareil.

16. — *Le tube.* — Le tube à rayons cathodiques est un long tube de verre, de 4 cm de diamètre intérieur, relié par une extrémité à la machine pneumatique (trompe à mercure) (fig. 2).

En partant de l'autre extrémité, qui est close, on trouve la cathode concave K, de 2 cm de diamètre et 1 cm de rayon de courbure, puis l'anode annulaire A, bien centrée, à 10 cm de la cathode (aluminium).

Le champ électrique qui met les électrons en mouvement est ainsi localisé à l'une des extrémités du tube; il s'affaiblit extrêmement vite au delà de l'anode. Dans tout le reste du tube, il ne subsiste que le champ dû à la présence des rayons cathodiques chargés qui y ont pénétré, et le champ électrique induit dû au caractère intermittent de l'émission. Les phénomènes d'ionisation du gaz restant (hydrogène) ont une importance variable avec la pression, mais inconnue, et sur laquelle M. Wiechert ne dit absolument rien.

Au delà de l'anneau anodique se trouve un cône métallique B_1 lié à un disque métallique B'_1; le sommet du cône, situé dans le plan de l'anode, est coupé de manière à laisser libre une ouverture o de 4 mm de diamètre à laquelle fait suite une ouverture plus grande au centre du disque B' (laiton).

Beaucoup plus loin, on trouve un groupe de trois disques métalliques (laiton) déplaçables, B_2, B'_2, B''_2. Le premier B_2 est percé en son centre d'une ouverture rectangulaire de 4×7 mm²; le second B'_2 porte en son milieu une bande horizontale de verre de Thuringe fluorescent G; au troisième, enfin, est attachée une palette de fer E. En agissant avec un aimant sur la palette de fer, on peut déplacer à volonté tout ce groupe de disques et même régler la distance de B_2 à B'_2.

Une même étincelle d'une bobine d'induction déclanche dans deux circuits différents, d'une part, la source de rayons cathodiques (montage Tesla-Oudin), d'autre part, les oscillations hertziennes très rapides qui rendront intermittent le passage des rayons cathodiques à travers le petit trou o. C'est par action électromagnétique que sont créées les intermittences au cours de chaque demi-oscillation favorable (1) du Tesla, et que sont contrôlées les phases d'arrivée à l'écran récepteur.

(1) Il me semble qu'on devrait interposer, entre le Tesla et le tube, une soupape éliminant la demi-oscillation lente inutile.

Les pôles de l'excitateur sont reliés chacun à l'armature extérieure d'un condensateur, dont les deux armatures externes sont reliées par les deux cadres (en dérivation) qui agissent sur les rayons cathodiques, l'un à leur départ (a, b, c, d), l'autre à leur arrivée (a', b', c', d') (fig. 3).

Le circuit, dont la période propre est une constante importante de la mesure, a donc une constitution un peu

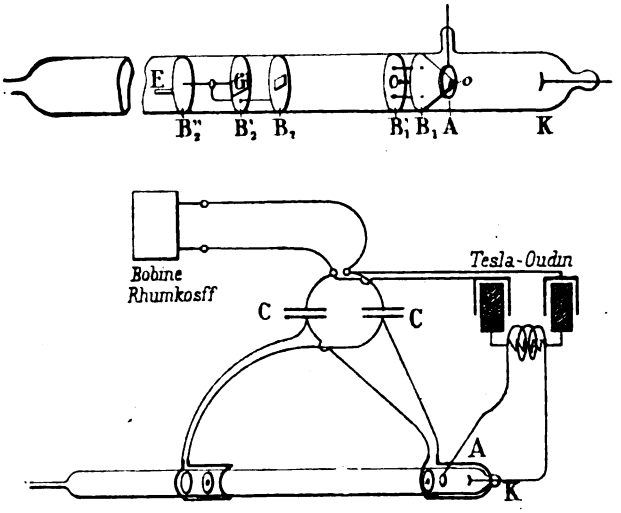


Fig. 2 et 3. — Dispositif de Wiechert pour la mesure directe de la vitesse des rayons cathodiques.

compliquée; la présence de deux cadres en dérivation à partir des armatures externes des condensateurs donne nécessairement naissance à deux périodes propres, dont on ignore la phase relative. Enfin, ces cadres, très voisins du tube et des diaphragmes, ont certainement une capacité appréciable. On aimerait savoir avec un peu de précision comment ce système se comporte, *en place*. M. Wiechert dit simplement, en une ligne, que la longueur d'onde en a été déterminée à la manière habituelle par résonance ; c'est un peu bref.

17. — *Fonctionnement de l'appareil.* — On commence par dévier le faisceau cathodique à l'aide d'un champ permanent (aimant ou électro-aimant), de manière qu'il soit arrêté par le cône; quand l'oscillateur hertzien est en action, le faisceau cathodique oscille, dans un plan vertical, avec la même fréquence, et atteint, à l'une des extrémités de sa course, l'ouverture o. Il est ainsi lancé, en ligne droite, au delà de l'anode pendant au moins $\frac{1}{10}\left(\text{peut-être } \frac{1}{4}\right)$ de la période.

S'il arrive à la seconde ouverture au moment du courant nul (et rapidement variable), il la traverse, mais avec une déviation nulle seulement pour le milieu du phénomène, négative avant, positive après; il donne donc sur le verre fluorescent une tache étalée symétriquement au-dessus et au-dessous de la projection géo-

Digitized by Google

métrique de l'ouverture B_2. C'est cet aspect que l'on regarde comme caractérisant le retard $\frac{T}{4}$ (1).

Toutes les expériences ont été faites à pression relativement élevée, $\frac{1}{2}$ mm de mercure environ; au-dessous de 0,1 mm le cône cathodique avait une pointe mal définie.

Comme conséquence de cette pression élevée, le faisceau cathodique au delà de l'anode perdait rapidement sa netteté par diffusion et ionisation. Aucune mesure n'aurait été possible sans un artifice supplémentaire : on maintenait la concentration du faisceau cathodique au moyen d'un champ magnétique longitudinal permanent puissant, dû à un courant dans un fil enroulé en hélice à spires espacées sur toute la longueur du tube. La trajectoire des rayons cathodiques devenait ainsi une hélice à pas très allongé.

18. — *Résultats.* — Comme on le voit par cette description sommaire, les difficultés techniques qu'il a fallu surmonter pour pouvoir faire l'expérience ont été si considérables, qu'on n'a pas pu s'attacher à lui donner de la précision.

Ce n'est guère qu'à 5 cm près sur un parcours total de 30 à 50 cm que l'observation permet de définir la position théorique du diaphragme récepteur. *Il reste néanmoins intéressant de savoir que les vitesses des rayons cathodiques, dans les conditions expérimentales décrites, ont été comprises entre 0,13 et 0,17 de la vitesse de la lumière.*

Remarquons qu'il s'agit d'une vitesse moyenne, mesurée sur un long parcours à travers un gaz relativement dense; la vitesse au départ était certainement plus grande, et atteignait peut-être un cinquième de la vitesse de la lumière.

En 1899, ce résultat n'avait rien de nouveau; depuis plusieurs années déjà la méthode, indirecte mais précise, à laquelle j'ai déjà fait allusion (n° 14) avait familiarisé les physiciens avec l'idée que les projectiles cathodiques ont des vitesses comparables à celle de la lumière.

On ne saurait pourtant oublier que Hertz, quinze ans seulement auparavant, à la fin du mémoire sur les rayons cathodiques cité au précédent chapitre, regardait ces mêmes vitesses comme invraisemblables et en tirait objection contre la théorie corpusculaire des rayons cathodiques.

Il reste donc important d'être assuré de la réalité de ces énormes vitesses par une expérience dont le principe dérive directement de la définition cinématique de la vitesse, sans aucune intervention des lois numériques du champ électromagnétique.

Signalons, sans y insister, que, à titre de contrôle, M. Wiechert a déterminé en même temps la déviation subie par ces rayons cathodiques sous l'action d'un champ magnétique connu, pour en tirer le rapport de la charge électrique à la masse inerte et obtenu des valeurs de même ordre que les autres observateurs.

Il me paraîtrait extrêmement important de réussir à donner de la précision à cette méthode — ou à toute autre utilisant comme elle la simple définition cinématique de la vitesse — même pour des vitesses moitié ou trois quarts de la vitesse de la lumière, celles qui sont tout à fait intéressantes pour l'électrodynamique.

Seule, une connaissance directe de la vitesse des corpuscules donnerait à l'interprétation dynamique des déviations électromagnétiques subies par les rayons cathodiques toute la netteté qu'on est en droit d'exiger dans une question théoriquement capitale et expérimentalement très difficile.

MARCEL BRILLOUIN,
Professeur au Collège de France.

Courants admissibles dans les câbles armés souterrains

Les travaux de la Commission des cahiers des charges de l'Union des Syndicats de l'électricité ont amené M. Picou à établir les valeurs limites du courant pouvant circuler dans les câbles souterrains posés en tranchées. La note ci-dessous indique comment ont été obtenues ces valeurs.

La température stationnaire, atteinte par un câble souterrain pour un courant donné, dépend à la fois de la constitution de ce câble et de la nature du milieu qui l'environne. Toutefois, pour ce dernier point, la technique de la pose crée des conditions assez constantes, le lit de sable où l'on dépose le câble formant la partie de beaucoup la plus importante au point de vue de la dissipation de la chaleur.

L'étude de la répartition des températures, depuis le conducteur, dans le milieu qui l'entoure, reste un problème indéterminé si l'on suppose le milieu indéfini. Il faut donc introduire une hypothèse pour lever l'indétermination. Plusieurs sont possibles.

Kennelly et, après lui, Teichmüller, ont admis que la surface du sol forme une isotherme. Mais rien ne justifie cette hypothèse qui revient à admettre que les conditions à la surface du sol ont une influence prépondérante sur l'échauffement du câble enfoui à 0,60 m de profondeur.

Il paraît infiniment plus simple d'admettre qu'à une certaine distance du câble, disons à une distance égale à

(1) On voit assez qu'il faudrait discuter les trajectoires des rayons cathodiques pour une mesure précise.

Digitized by Google

100 fois son rayon, l'excès de température sur celle du sol lointain devient insensible. Les isothermes sont alors des cercles; celles qui aboutissent au sol ou passent dans son voisinage sont seulement déformées et les conditions à la surface restent sans influence sensible sur la température profonde.

Cable simple. — L'écoulement de la chaleur obéissant à une loi de même forme que la loi d'Ohm, on a, en appelant Q' le flux de chaleur par unité de temps, S la résistance thermique, $\Delta\theta$ la différence de température sur S et σ la résistivité thermique,

$$Q' = \frac{\Delta\theta}{S},$$

et pour un cylindre de rayons r et R et de longueur l,

$$S = \frac{\sigma}{2\pi l} \log_e \frac{R}{r};$$

on en déduit

$$\frac{Q'}{l} = \frac{2\pi}{\sigma} \frac{\Delta\theta}{\log_e \frac{R}{r}}.$$

Si ρ est la résistivité du conducteur, δ la densité de courant $\frac{i}{s}$, on a, en mesure électrique :

$$\frac{Q'}{l} = \rho \delta^2 s = \rho \frac{i^2}{s};$$

ce qui donne finalement :

$$i^2 = \frac{2\pi}{\rho} \frac{s.\Delta\theta}{\sigma \log \frac{R}{r}}.$$

Les deux milieux à considérer sont : l'isolant qui entoure chaque conducteur; le milieu qui se trouve au delà du plomb d'enveloppe, c'est-à-dire les couches de filin goudronné, le sable et la terre. Ce dernier milieu sera considéré comme homogène au sable qui reçoit le câble lors de la pose.

Pour l'isolant, les rayons R et r sont connus; pour l'extérieur, nous admettons l'hypothèse $\frac{R'}{R''} = 100 = N$. Les résistivités étant respectivement σ_1 et σ_2, on a donc finalement :

$$i^2 = \frac{2\pi}{\rho} \frac{s\Delta\theta}{\sigma_1 \log_e N + \sigma_2 \log \frac{R}{r}}.$$

Les chutes de températures dans le métal, soit du conducteur, soit du plomb ou des feuillards sont négligeables.

Le courant est donc calculable si l'on connaît les valeurs de σ_1 et σ_2.

Valeur des constantes. — Des essais directs sur la résistivité thermique du sol ont été faites par Kennelly, d'une part et par Teichmüller et Humann, d'autre part, avec les résultats suivants.

Kennelly (1907) donne :

Sable jaune séché	$\sigma_1 = 351$
Id blanc séché	391
Id à 10 pour 100 d'humidité	229
Id à 20 pour 100 Id	164
Terre sableuse sèche	490
Terre sableuse à 20 pour 100 d'eau	356

Teichmüller [1] et Humann (1906) indiquent :

Sable sec, 0.4 pour 100 d'humidité	$\sigma_1 = 220$
Id à 4 pour 100 Id	81
Id à 9.9 pour 100 Id	62
Id à 12.0 pour 100 Id	117

Ces dernières valeurs sont très faibles; et, lors de l'établissement de la table allemande, les auteurs ont été conduits à admettre de tout autres valeurs, tout à fait empiriques, qui ont servi au calcul desdites tables. Il semble que le travail postérieur de Kennelly soit digne d'une plus grande confiance.

Pour le papier imprégné, l'American Institute of Electrical Engineers a pris en considération les valeurs suivantes :

d'après Melsom et Booth, essais faits au National Physical Laboratory, de Londres	$\sigma_2 = 235$ à 179
d'après Atkinson et Parker	240 à 208
d'après Powell	296 à 210

D'autre part, Teichmüller et Humann ont donné

$$\sigma_2 = 650 \text{ à } 436$$

Il semble donc qu'il n'y ait pas lieu de s'arrêter aux valeurs données par ces derniers expérimentateurs; et les valeurs moyennes les plus probables sont :

pour le sol	$\sigma_1 = 200$,
pour l'isolant	$\sigma_2 = 230$,

la valeur $\sigma = 200$ correspondant à du sable au degré d'humidité moyen de 15 pour 100 environ.

Sur ces données le calcul du câble simple peut être aisément établi. On trouvera ci-après (seconde colonne des tableaux I et II) les résultats : 1° pour des câbles à isolant négligeable (ruban par exemple); et 2° pour des câbles recouverts d'une épaisseur radiale de 3 mm de papier.

Cables multiples. — Le pouvoir conducteur d'un câble est proportionnel à la capacité mesurable entre l'ensemble des conducteurs et l'enveloppe de plomb. Ceci résulte immédiatement de ce que les formules de

[1] J. Teichmüller; théorie de l'échauffement des câbles. *La Revue électrique*, 1905, t. III, p. 14-17.

Digitized by Google

capacité et de conductance sont identiques en ce qui concerne les facteurs géométriques. On sait calculer les valeurs de ces facteurs géométriques ; pour un câble à n conducteurs égaux, également couverts et toronnés, le terme $\log_e \frac{R}{r}$ de la formule est à remplacer par

$$\frac{n}{2} \log_e \left(\frac{a}{nr} \frac{R^{2n} - a^{2n}}{R^n a^n} \right),$$

où r est le rayon du conducteur, R le rayon intérieur de l'enveloppe de plomb, a la distance de l'axe du câble à l'axe de chacun des conducteurs.

Les valeurs qui figurent au tableau I ont été ainsi calculées, en prenant $\Delta\theta = 40°$ C. La température du sol lointain étant 10° C environ, ces valeurs correspondent donc à une température de 50° C pour le point le plus chaud de l'isolant, température qu'il peut supporter indéfiniment.

TABLEAU I. — *Courants correspondant à un échauffement de 40°C pour un câble souterrain posé seul dans sa tranchée.*

Section d'un conducteur.	1 conducteur isolant négligeable.	1 conducteur couvert à 3 mm	2 conducteurs couverts à 3 mm	3 conducteurs couverts à 2+2 mm	3 conducteurs couverts à 3+3 mm ou à 4+2 mm	4 conducteurs couverts à 4 mm
mm²	A	A	A	A	A	A
10	117	114				
20	165	152	107	87	88	
30	202	188			108	90
40	234	219		111	123	
50	256	246	170		138	116
75	320	304	204	165	167	141
100	370	354			192	
150	454	425				
200	524	506				
250	585	566				

CABLES POSÉS DANS UNE MÊME TRANCHÉE. — Melsom et Booth ont vérifié que, lorsque deux câbles sont posés parallèlement dans le sol, la température limite qu'atteindrait chacun d'eux se trouve augmentée de l'excès de température que l'autre produit au point où se trouve le premier. Ce principe, identique à celui de la sommation des potentiels électrostatiques, permet de déterminer graphiquement la répartition du flux de chaleur autour de plusieurs câbles parallèles. On trouve ainsi que le rapport du courant i_1 au courant i qui produirait le même échauffement dans le câble unique, est environ le suivant :

pour 2 câbles de rayon R, distants de 3 R d'axe en axe : ..... $\frac{i_1}{i} = 0{,}84$

pour 3 câbles, mêmes conditions..... $= 0{,}67$

enfin, pour n câbles, celui du milieu se comportant pratiquement comme si la nappe était indéfinie..... $= 0{,}55$

Ces valeurs paraissent suffisantes pour permettre d'employer les câbles armés en toute connaissance de cause, en ce qui touche à leurs conditions d'échauffement.

TABLEAU PRATIQUE. — L'examen du tableau I montre que, tant que l'on reste dans les épaisseurs usuelles de couverture des conducteurs, c'est-à-dire jusqu'à des tensions de 15 000 à 20 000 v, l'influence de cette épaisseur est assez faible, et moindre, en tout cas, que celle du nombre de conducteurs du câble. — On peut donc en déduire un *tableau pratique* simple, tel que le tableau II ci-joint, applicable avec une approximation suffisante à tous les câbles souterrains usuels posés en pleine terre, pour un échauffement d'environ 40° C.

TABLEAU II. — *Courant limite pour câbles souterrains posés seuls en tranchée. Échauffement 40°.*

Section de chaque conducteur en cuivre.	1 conducteur isolant négligeable.	1 conducteur isolés jusqu'à 20 000 v.	2 conducteurs isolés jusqu'à 20 000 v.	3 conducteurs isolés jusqu'à 20 000 v.	4 conducteurs isolés jusqu'à 20 000 v.
mm²	A	A	A	A	A
10	120	115	80	70	55
20	165	150	110	90	75
30	200	185	130	110	90
40	235	220	150	125	105
50	260	245	170	140	115
75	320	305	205	165	040
100	370	355	230	190	160
150	455	425			
200	525	505			
250	585	565			

Pour deux câbles dans la même tranchée, réduire à 0,84
» trois » » » 0,76
» un grand nombre » » » 0,55
les valeurs des chiffres du tableau.

R.-V. PICOU,
Président du Comité électrotechnique français.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

Etude économique de la transmission de l'énergie électrique

Ce. article nous donne un aperçu général de la manière dont on envisage, aux États-Unis, le problème de la transmission et de la distribution de l'énergie électrique; l'idée directrice de tout projet doit être d'assurer la continuité du service. L'auteur montre alors, après avoir établi le bilan des pertes, comment on arrive à concilier cette condition avec celle non moins impérative du maximum d'économie, tout en prévoyant une extension future du réseau. Un exemple de calcul d'une installation, basé sur des données numériques modernes, illustre les développements techniques. Signalons aussi l'intérêt pratique des nombreux tableaux intercalés dans le texte.

Depuis l'introduction de la direction scientifique dans les départements d'exploitation des services publics d'éclairage et de force motrice, on a atteint un plus grand rendement, à la fois dans la qualité et l'économie du service électrique. Un relevé systématique des dépenses met automatiquement en lumière chaque point faible des opérations d'exploitation et provoque une étude et une analyse des causes et raisons de ces défauts dans le but d'y porter remède. Ces méthodes scientifiques, qui sont simplement l'application du sens commun à l'étude des opérations et des fonctions de chaque branche des affaires, étaient dirigées primitivement vers l'augmentation et l'amélioration du rendement des êtres humains, et furent étendus plus tard, avec les mêmes intentions et buts, aux objets inanimés représentés par les matières premières, les outils, les instruments, la machinerie et l'équipement, de sorte qu'en tenant des relevés convenables de leurs opérations utiles, on peut faire une sélection basée sur leurs mérites en vue d'obtenir des résultats productifs encore meilleurs.

Le rendement d'un matériel d'exploitation est un vaste sujet tout aussi essentiel au succès économique d'une affaire que le rendement de la main-d'œuvre; c'est un sol très fertile qui, lorsqu'il est convenablement cultivé, fournit une abondante moisson de renseignements importants conduisant à de larges améliorations économiques dans les dépenses d'exploitation et d'entretien, ainsi que dans la sécurité du service.

Dans la transmission et la distribution de l'énergie électrique, on trouve des conditions particulières qui augmentent le prix de revient final du produit et qui sont dues à deux causes : pertes dans le transport et pertes dans l'appareillage servant au transport et à la distribution. Le coût final dépend du rendement du système de livraison des produits ou denrées. Dans la distribution par courant alternatif, c'est là un point important représenté par le rapport de l'énergie fournie à l'énergie recueillie respectivement aux deux extrémités du réseau, c'est-à-dire à la centrale et chez le consommateur auquel elle est vendue en prenant comme base les watts-heure mesurés au départ et à l'arrivée.

La question du transport de l'énergie électrique est grandement différente de tous les autres problèmes analogues comprenant du trafic; ici la circulation est continue d'une extrémité à l'autre, tandis que, dans les transports par voie ferrée, le trafic est intermittent et peut, s'il est nécessaire, subir des retards sans grand inconvénient. Les moyens de transport, en effet, consistant en voies et en matériel roulant, peuvent être accrus pour correspondre aux besoins du trafic; les perfectionnements, additions, travaux d'entretien et de réparation peuvent être entrepris sans gêner sérieusement l'exploitation; tandis que, dans une transmission d'énergie, les réserves et travaux de cette nature ne peuvent guère être exécutés qu'à grands frais et avec beaucoup de difficultés et de désagréments.

Les pertes qui se produisent dans le transport de l'énergie électrique dépendent de la résistance du canal dans lequel circule l'énergie et aussi de son degré d'étanchéité, c'est-à-dire de ses propriétés isolantes. Quant à la résistance du circuit prévu pour transmettre un courant alternatif, elle dépend principalement de la matière employée pour les conducteurs et de leur section; ces deux conditions ont une influence sur la valeur du capital investi qui, à son tour, est soumis à des considérations financières le limitant dans une zone définie de bénéfices qui exigent la construction la plus économique, de sorte que, pour une capacité de transmission donnée, le rendement maximum est obtenu en tenant compte du capital engagé. Une réduction dans les pertes de transmission ne peut être obtenue qu'au prix d'une mise supplémentaire de fonds et il arrive un moment où toute réduction nouvelle de ces pertes devient une économie dispendieuse, représentée par l'intérêt et l'amortissement du capital engagé.

L'économie maximum de transmission est atteinte lorsque la somme de l'intérêt annuel et de l'amortissement est égale à la valeur annuelle des pertes d'énergie. D'autres facteurs importants doivent aussi entrer en considération dans les calculs relatifs au placement initial, comme, par exemple, le réglage de la tension et l'augmentation possible, à une date ultérieure, de la

Digitized by Google

demande d'énergie à l'extrémité réceptrice du circuit. Toutes ces conditions impliquent l'usage d'un jugement sain dans l'appréciation des besoins à satisfaire dans le projet et la construction des lignes de transmission et de distribution.

On ne peut donner de règle spéciale et définie pour la solution des problèmes de transport électrique ; chaque cas doit être considéré séparément, étudié et examiné soigneusement, tout d'abord sur la base du maximum d'économie de la transmission. Le placement supplémentaire admissible, ou celui que le trafic immédiat peut supporter sans diminuer le rapport économique, doit être ensuite estimé avec grand soin dans le but de déterminer l'accroissement dans la capacité de transmission qui peut être prévu dès le début, ainsi que la possibilité d'augmentations ultérieures. On doit bien se mettre dans l'idée qu'un fait certain est qu'il arrive très rarement qu'une ligne a été prévue trop largement pour les besoins ultérieurs du trafic, tandis, qu'en général, on la trouve finalement insuffisante.

Il y a naturellement une limite imposée à la capacité transmettrice d'énergie des lignes électriques par des considérations techniques telles que la résistance des matériaux, la stabilité et la durée des supports ainsi que la question importante de la continuité et de la sécurité du service, toujours améliorée efficacement en « doublant » les circuits.

Pertes de transport.

En négligeant certaines constantes qui affectent peu les lignes de transmission à des tensions au-dessous de 60 000 v et des altitudes inférieures à 1 000 m, les pertes totales d'énergie dans une ligne de transmission sont la somme des :

Pertes ohmiques.
Pertes diélectriques ou par fuites.
Pertes par réactance inductive.

La perte due à la résistance ohmique dépend entièrement de la conductibilité, de la perméabilité, de la forme et du coefficient de température du conducteur. Cette perte est généralement fonction de I^2R, en phase avec le courant. La résistance réelle R au passage du courant alternatif, étant influencée par la fréquence du courant, par suite de l'effet de périphérie, la résistance d'un conducteur aux fréquences usuelles augmente légèrement par rapport au courant continu, comme l'indique le tableau I.

TABLEAU I. — *Résistance de conducteurs toronnés de cuivre et d'aluminium.*

Conductibilité : cuivre 97.3 pour 100, aluminium 61 pour 100. — Température 30° C ou 68° Fahrenheit.

JAUGE BROWN ET SHARP.	RÉSISTANCE EFFECTIVE EN OHMS PAR KILOMÈTRE DE FIL					
	CUIVRE			ALUMINIUM		
	courant continu	25 périodes	60 périodes	courant continu	25 périodes	60 périodes
0 000	0,1680	0,1682	0,1687	0,2691	0,2692	0,2695
000	0,2124	0,2125	0,2130	0,3379	0,3380	0,3383
00	0,2678	0,2679	0,2682	0,4284	0,4285	0,4287
0	0,3377	0,3378	0,3381	0,5388	0,5389	0,5391
1	0,4257	0,4258	0,4261	0,6794	0,6794	0,6796
2	0,5379	0,5380	0,5381	0,8568	0,8568	0,8569

La résistance effective des métaux magnétiques, comme les fils de fer, augmente dans une proportion beaucoup plus considérable que celle des matières non magnétiques, par suite de l'action des courants tourbillonnaires produits perpendiculairement à la direction du flux magnétique, et qui diminuent grandement la conductibilité effective du métal en la réduisant à celle d'une couche très mince avoisinant la surface.

La perte diélectrique, dans les transmissions aériennes dont la tension n'excède pas 60 000 v, peut être négligée quand les conducteurs sont isolés convenablement et soustraits aux influences étrangères. Elle est cependant appréciable dans certaines conditions atmosphériques, attendu qu'il n'y a pas de matière diélectrique absolue, mais seulement des corps de résistance relativement grande, employés pour en isoler d'autres ayant une meilleure conductibilité. Dans les câbles isolés, on doit tenir compte des courants de déplacement à travers l'isolant, des pertes dans la gaine de plomb et des pertes par hystérésis dans les conduites métalliques, ainsi que de l'effet de la capacité et de l'induction faible. Ces pertes sont pratiquement en phase avec le courant et peuvent s'ajouter à la perte ohmique.

Les pertes par réactance inductive sont dues à un phénomène d'ondes électromagnétiques toujours dirigées perpendiculairement à un courant variable en intensité ou en direction, comme dans le cas du courant alternatif. Ces pertes ont nécessairement lieu aux dépens du courant circulant dans le conducteur d'où émane le champ magnétique, et elles dépendent principalement de la fréquence et de l'intensité du courant même. Elles sont influencées par l'écartement des conducteurs, réagissant

Digitized by Google

par inductance mutuelle, et aussi par leur dimension, leur forme et leur degré de perméabilité.

Comme la perte par résistance ohmique, la perte par réactance inductive peut s'écrire I^2R_i, avec $R_i = 2\pi fL$, f étant la fréquence du courant et L le coefficient de self induction du conducteur.

La résultante de la résistance ohmique et de la réactance inductive représente la résistance équivalente ou impédance du circuit et peut s'écrire

$$Z = \sqrt{R_0^2 \pm R_i^2} = \text{Impédance.}$$

L'effet de la réactance de capacité dans une ligne de transmission est de compenser le courant, décalé en arrière, produit par la réactance inductive, non seulement de la ligne, mais aussi de la charge qui y est accrochée, jusqu'à concurrence de la composante déwattée, décalée en avant, du courant chargeant le condensateur représenté par la ligne.

Les courants de capacité et de charge d'un conducteur augmentent avec sa section transversale et, lorsque l'intervalle entre les lignes diminue, ceci est particulièrement important dans les câbles isolés, et l'effet sur le réglage et les pertes devrait être pris en considération dans ce cas-là, de même que lorsqu'il s'agit de longues lignes de transmission à haute tension portant une densité de courant relativement faible par rapport à l'énergie transportée.

Ainsi en courant alternatif, la résistance ohmique est remplacée par l'impédance qui est la résultante de la résistance ohmique, de l'hystérésis et des courants tourbillonnaires du circuit, désignés par R_0, cette perte étant en phase avec le courant, et d'une réactance inductive R_i avec le signe moins, ou d'une réactance de capacité R_c avec le signe plus, l'une comme l'autre étant à 90° de la résistance ohmique R_0.

L'impédance peut alors s'exprimer :

$Z = R_0 - jR_i$ pour une réactance inductive

et $Z = R_0 + jR_c$ pour une réactance de capacité.

Puisque, dans un cas comme dans l'autre, la somme géométrique de ces deux quantités est l'hypoténuse d'un triangle rectangle, ces expressions peuvent être mises sous la forme plus commode

$$Z = \sqrt{R_0^2 + R_i^2} \quad \text{et} \quad Z = \sqrt{R_0^2 + R_c^2}.$$

L'impédance d'un conducteur, parcouru par un courant alternatif, peut être assimilée, dans la plupart des cas relatifs à des lignes courtes, à la résistance ohmique d'un circuit à courant continu pour la détermination des pertes et du réglage de tension.

Quand un courant I n'est pas en phase avec la tension, qu'il soit décalé en arrière ou en avant, il consiste en une composante wattée I_0 et une composante déwattée I_x à angle droit avec I_0 et peut s'exprimer :

$$I = \sqrt{I_0^2 \pm I_x^2}.$$

La chute de tension en ligne e devient alors, étant régie par la loi d'Ohm où $e = IZ$,

$$e = \sqrt{(I_0R_0 + I_xR_i)^2 + (I_xR_0 - I_0R_i)^2}$$

pour un courant décalé en arrière et une résistance inductive;

$$e = \sqrt{(I_0R_0 - I_xR_i)^2 + (I_xR_0 + I_0R_i)^2}$$

pour un courant décalé en arrière et une réactance de capacité;

$$e = \sqrt{(I_0R_0 + I_xR_i)^2 + ((I_xR_0 - I_0R_i)^2}$$

pour un courant décalé en avant et une réactance induc tive;

$$e = \sqrt{(I_0R_0 - I_xR_i)^2 + (I_xR_0 + I_0R_i)^2}.$$

pour un courant décalé en avant et une réactance de capacité.

En même temps que les constantes de la ligne on doit considérer le caractère de la charge qui y est connectée, car le circuit complet comprend la ligne avec la charge dans le récepteur en série avec chaque section. L'étude de ce problème nécessite l'analyse de chaque section séparément.

Connaissant la résistance, la réactance inductive et la réactance de capacité d'un conducteur par unité de longueur, on peut calculer l'impédance; les pertes et le réglage dans la ligne peuvent alors être déterminés pour toutes tensions, toutes charges et tous facteurs de puissance.

Les constantes d'une ligne de transmission parcourue par du courant alternatif peuvent être déterminées comme suit :

Appliquons ces formules à un cas pratique et supposons, par exemple, un circuit pour transmettre 1 000 kw par une ligne aérienne triphasée à 3 fils, 60 p : sec 10 miles, tension de ligne 13 200 v, facteur de puissance moyen de la charge chez le consommateur 0,8, avec les transformateurs élévateurs et abaisseurs et l'équipement de sous-stations nécessaires. Le facteur de charge annuel est supposé égal à 20 pour 100, le prix du kw-h voisin de 1,25 cent, et le rapport des dépenses d'exploitation à la recette, 60 pour 100.

Trouver :

La mise de fonds admissible,
La section des conducteurs,
Le réglage de la ligne,
Les pertes dans la transmission.

Mise de fonds admissible. — D'après les renseignements donnés, le revenu annuel brut peut être évalué à :

$$1\,000 \times 0{,}2 \times 8\,760 = 1\,752\,000 \text{ kw-h}$$

et

$$0{,}0125 \times 1\,752\,000 = \$\ 21\,900.$$

En défalquant, pour les frais d'exploitation, 60 pour 100 sur le revenu brut, il reste un revenu net annuel de

$$21\,900 \times 0{,}4 = \$\ 8\,760.$$

Digitized by Google

Le capital mis en jeu doit gagner un salaire pour les services qu'il rend, ceux qui sont responsables de son emploi judicieux sont fondés à recevoir une compensation sous forme de gain; de plus, le capital doit être protégé par une assurance sur la propriété physique qu'il représente et entretenu par une provision pour amortissement, assurance, etc., et finalement la mise de fonds est soumise à des taxes fiscales. Le tout doit être couvert par les bénéfices nets ainsi qu'il suit :

Intérêt du capital.....	6 pour 100.
Rétribution.....	2 id.
Amortissement.....	5 id.
Impôts.....	1,5 id.
Assurance.....	0,5 id.
Total.....	15 pour 100.

Le revenu net ci-dessus correspond par conséquent à un capital de :

$$\text{Capital admissible } \frac{8\,760}{0{,}15} = \$\ 58\,400.$$

Ce capital se répartira dans l'installation projetée, comme l'indique le tableau ci-dessous basé sur les prix actuels du marché :

Installation de transformateurs élévateurs pour 1 000 kw, complète avec tableau et appareils de protection.....	8 000,00
Installation de transformateurs abaisseurs pour 1 000 kw, complète avec cabine pour le tableau secondaire et les compteurs.....	12 000,00
Reliquat disponible pour la construction de la ligne.....	38 400,00
Capital total	$ 58 400,00

Section des conducteurs. — La ligne et les redevances de voirie, à l'exclusion des conducteurs, peuvent être estimées au moment présent, avec un type sérieux de construction et en employant des poteaux en bois, à approximativement (variable suivant les pays) $ 2500 par mile, soit un total de $ 25000, ce qui laisse pour les conducteurs $ 13400, représentant 44666 livres de cuivre à 30 cents la livre, ou 1 488 livres par mile de fil, correspondant à la jauge # 1 B et S.

	MONOPHASÉ	DIPHASÉ	TRIPHASÉ
Puissance vraie W.....	$EI\cos\varphi$	$2EI\cos\varphi$	$EI\sqrt{3}\cos\varphi$
Pertes de puissance vraie w.....	$eI\cos\varphi$	$2eI\cos\varphi$	$eI\sqrt{3}\cos\varphi$
ou w.....	$I^2Z\cos\varphi$	$2I^2Z\cos\varphi$	$I^2Z\sqrt{3}\cos\varphi$
Courant par fil I.....	W/E	$W/2E$	$W/E\sqrt{3}$
Courant vrai par fil I_0.....	$I\cos\varphi$	$I\cos\varphi$	$I\cos\varphi$
Courant déwatté par fil I_x.....	$I\sin\varphi$	$I\sin\varphi$	$I\sin\varphi$
Chute de tension par circuit e.....	IZ	IZ	IZ
Impédance par circuit Z.....	e/I	e/I	e/I
Impédance par fil Z_1.....	$e/2I$	$e/2I$	$e/I\sqrt{3}$
Chute de tension en pour 100.....	$100\,e/E$	$100\,e/E$	$100\,e/E$
Rendement en pour 100.....	$\frac{100\,W}{W+w}$	$\frac{100\,W}{W+w}$	$\frac{100\,W}{W+w}$

Réglage. — Avec un écartement de 24 pouces entre fils, un conducteur de cuivre torsadé # 1 B et S possède, à 60 p : sec et 20° C, une résistance ohmique de 0,6856 ohm et une réactance de 0,644 ohm par mile.

On a donc une impédance par mile de circuit de

$$Z = \sqrt{\overline{0{,}6856}^2 + \overline{0{,}644}^2} = 0{,}932 \times 1{,}732 = 1{,}61 \text{ ohm}$$

et pour 10 miles, une impédance totale de 16,1 o.

Chute en ligne à pleine charge

$$e = \frac{43{,}7}{0{,}8} \times 16{,}1 = 880 \text{ v.}$$

$$\text{Chute en ligne en pour 100 } \frac{100 \times 880}{13\,200} = 6{,}66 \text{ pour}$$

100 de réglage à 0,8 de facteur de puissance, et avec un facteur de puissance égal à l'unité

$$6{,}66 \times 0{,}8 = 5{,}328 \text{ pour 100.}$$

Pertes dans la transmission. — A pleine charge, la perte de puissance dans la transmission est de

$$880 \times 54{,}7 \times 1{,}732 = 83{,}432 \text{ kv-A,}$$

ou

$$83,432 \times 0{,}8 = 66{,}748 \text{ k w,}$$

ou

$$\overline{54{,}7}^2 \times 1{,}732 \times 161 = 83{,}432 \text{ kw-A,}$$

Digitized by Google

ou $83{,}432 \times 0{,}8 = 66{,}748$ kw soit 6,66 pour 100 de la puissance développée, et un rendement de transmission de la ligne

$$\frac{100 \times 1\,000}{1\,000 + 66{,}748} = 93{,}74 \text{ pour } 100.$$

Les pertes annuelles de transmission à pleine charge sont :

$66{,}748 \times 8\,760 = 583\,460$ kw-h ou 6,66 pour 100 de la puissance totale de pleine charge.

Le facteur de charge immédiat est compté comme devant être seulement de 20 pour 100 de la puissance et, par suite, les pertes annuelles ne seront qu'une fraction des pertes à pleine charge ci-dessus, bien que n'étant pas en proportion du facteur de charge, comme nous le verrons plus loin.

Pertes de transformation.

Les pertes inhérentes aux changements de tension ou de phase se produisant dans les transformateurs dépendent non seulement du rendement de l'appareil, mais aussi de la caractéristique de la charge journalière, c'est-à-dire du facteur de puissance de la charge et de la courbe de charge en fonction du temps.

Quand un transformateur est branché sur un circuit, l'enroulement ainsi connecté équivaut à une résistance en dérivation sur la ligne et complète le circuit; l'énergie consommée dans cette partie du circuit est proportionnelle à son impédance et consiste en courant d'excitation. La perte d'énergie dans un transformateur se compose de la perte dans le noyau ou fer du circuit magnétique et des pertes dans le cuivre du circuit électrique. Les pertes dans le fer, pour une tension et une fréquence données, sont pratiquement constantes, tant que les propriétés de la matière magnétique ne sont pas changées, tandis que les pertes dans le cuivre varient avec la résistance du circuit, c'est-à-dire avec la charge ou les volts-ampères.

Les pertes d'énergie et les rendements de transformateurs de stations fonctionnant sur des circuits à 60 p : sec sont rassemblés dans le tableau II et représentés graphiquement dans la figure 1.

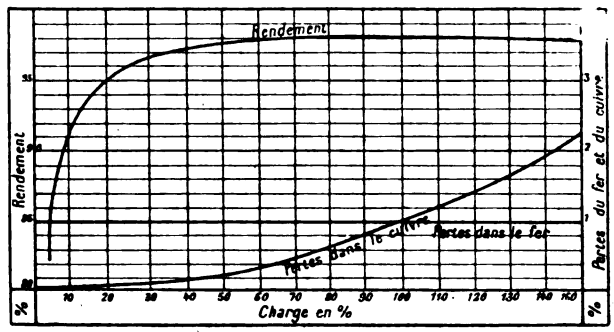


Fig. 1. — Courbes des pertes et des rendements d'un tranformateur de station.

Tableau II. — *Rendements d'un transformateur moyen de station.*

Charge en pour 100		5	10	20	25	30	40	50
Pertes dans le fer en pour 100		20,00	10,00	5,00	4,00	3,33	2,5	2,0
Pertes dans le cuivre en pour 100		0,05	0,10	0,20	0,25	0,30	0,40	0,50
Pertes totales en pour 100		20,05	10,10	5,20	4,25	3,63	2,90	2,50
Rendement en pour 100 :								
à facteur de puissance	1	82,39	90,82	95,05	95,92	96,49	97,18	97,56
à facteur de puissance	0,8	79,96	88,79	93,89	94,95	95,66	96,97	96,98
Charge en pour 100		60	70	75	80	90	100	110
Pertes dans le fer en pour 100		1,66	1,43	1,33	1,25	1,11	1,00	0,909
Pertes dans le cuivre en pour 100		0,60	0,70	0,75	0,80	0,90	1,00	1,100
Pertes totales en pour 100		2,26	2,13	2,08	2,05	2,01	2,00	2,009
Rendement en pour 100 :								
à facteur de puissance	1	97,88	97,91	97,96	97,99	98,03	98,04	98,03
à facteur de puissance	0,8	97,25	97,40	97,46	97,50	97,54	97,56	97,55
Charge en pour 100		120	125	130	140	150		
Pertes dans le fer en pour 100		0,833	0,800	0,779	0,714	0,666		
Pertes dans le cuivre en pour 100		1,200	1,250	1,300	1,400	1,500		
Pertes totales en pour 100		2,033	2,050	2,079	2,114	2,166		
Rendement en pour 100 :								
à facteur de puissance	1	98,01	97,99	97,97	97,93	97,88		
à facteur de puissance	0,8	97,52	97,50	97,45	97,42	97,36		

Les transformateurs du type poteau employés sur les lignes de distribution ont des caractéristiques quelque peu différentes à cause de leur marche intermittente; les pertes dans le fer sont rendues aussi faibles qu'il est

Digitized by Google

compatible avec un bon fonctionnement, de façon à réduire au minimum la dépense des transformateurs maintenus sous tension pendant les périodes de très faible charge et quelquefois de charge nulle, particulièrement pendant le jour. Les pertes et rendements d'un transformateur typique de 10 kv-a sur poteau sont donnés par le tableau III et les courbes de pertes et de rendements se trouvent sur la figure 2.

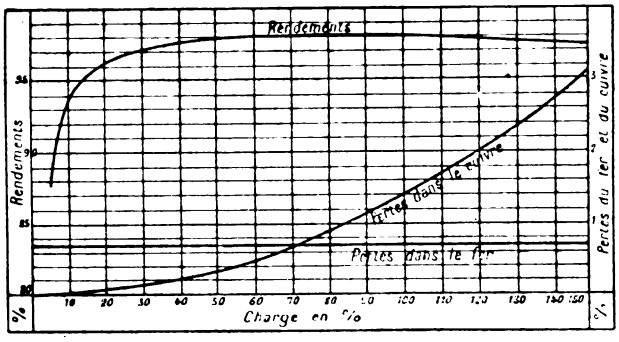


Fig. 2. — Courbes des pertes et des rendements d'un transformateur sur poteau.

L'effet de la variation du facteur de puissance sur le rendement des transformateurs est indiqué également dans les deux tableaux II et III ; les pertes croissent et les rendements diminuent proportionnellement au décalage angulaire du courant par rapport à la tension. Le réglage, autrement dit la différence en pour 100 de la tension secondaire entre la marche à vide et la pleine charge, est affecté de la même façon par le facteur de puissance de la charge. Le réglage des transformateurs fixes peut être généralement pris entre 1,5 pour 100 pour un facteur de puissance égal à 1 et 4 pour 100 pour un facteur de puissance égale à 0,8. Le réglage des transformateurs de distribution varie de 1,5 à 3 pour 100 respectivement, bien que ce soit simplement une question de calcul que de satisfaire aux conditions des cas spéciaux non seulement au sujet du réglage, mais encore des pertes dans le cuivre et dans le fer.

Les appareils d'induction, tels que moteurs d'induction et transformateurs, lorsqu'ils sont faiblement chargés, prennent à la ligne un courant en retard sur la force électromotrice en raison inverse de la puissance fournie, ce qui a pour résultat d'augmenter leur échauffement et de réduire leur capacité utile.

Les transformateurs de station et de sous-station, fonctionnant sur des lignes généralement à haute tension, sont prévus avec une réactance plus grande que celle

TABLEAU III. — *Rendements d'un transformateur de* 10 kv-a *sur poteau.*

Charge en pour 100		5	10	20	25	30	40	50	60
Pertes dans le fer en pour 100		13,80	6,90	3,45	2,76	2,30	1,725	1,38	1,15
Pertes dans le cuivre en pour 100		0,07	0,14	0,278	0,35	0,417	0,556	0,695	0,834
Pertes totales en pour 100		13,87	7,04	3,728	3,110	2,717	2,281	2,075	1,984
Rendement en pour 100 :									
à facteur de puissance	1	87,82	93,42	96,90	96,98	97,24	97,76	97,96	98,05
à facteur de puissance	0,8	85,03	91,91	95,55	96,26	96,72	97,23	97,46	97,58
Charge en pour 100		70	75	80	90	100	110	120	125
Pertes dans le fer en pour 100		0,98	0,92	0,862	0,766	0,690	0,627	0,575	0,552
Pertes dans le cuivre en pour 100		0,973	1,043	1,112	1,251	1,390	1,520	1,668	1,737
Pertes totales en pour 100		1,958	1,963	1,974	2,017	2,080	2,147	2,243	2,289
Rendement en pour 100 :									
à facteur de puissance	1	98,08	98,07	98,06	98,02	97,96	97,89	97,80	97,76
à facteur de puissance	0,8	97,70	97,70	97,69	97,54	97,46	97,38	97,27	97,20

des transformateurs du type sur poteau, de manière à augmenter la sûreté de leur fonctionnement et de celui du réseau en cas de court-circuit. On obtient cela aux dépens du réglage, mais avec une sécurité supplémentaire qui vaut le sacrifice. En fin de compte la réactance accrue facilitera le réglage lorsqu'elle sera compensée par un condensateur synchrone.

Pertes de transmission.

Les pertes de transmission consistent dans les pertes de ligne et de transformateurs ; elles dépendent du caractère de la charge fournie et leur estimation individuelle exige la connaissance des facteurs suivants pour en déduire le rendement total du système.

Transformateur élévateur : charge aux récepteurs + pertes des transformateurs abaisseurs + pertes dans la ligne de transmission.

Ligne de transmission : charge aux récepteurs + pertes des transformateurs abaisseurs.

Transformateur abaisseur : charge aux récepteurs.

Ces pertes ne sont pas seulement régies par le rendement des appareils, mais aussi par les caractéristiques de la marche et ne peuvent être évaluées d'après le facteur de charge, à moins qu'une charge constante ne soit employée continuellement.

Quand on utilise l'énergie continuellement et avec un facteur de charge pratiquement constant, le tableau IV indique les pertes respectives rapportées aux rende-

Digitized by Google

ments des transformateurs de station donnés par le tableau II et pour une perte en ligne égale à 5 pour 100, tous les résultats étant basés sur un facteur de puissance égal à l'unité.

TABLEAU IV. — *Pertes et rendements comparés d'un réseau à 60 p : sec.*

FACTEUR DE CHARGE EN POUR 100	LIGNE		TRANSFORMATEUR ABAISSEUR		RENDEMENT COMBINÉ EN POUR 100	PERTES COMBINÉES EN POUR 100
	Rendement en pour 100.	Pertes en pour 100.	Rendement en pour 100.	Pertes en pour 100.		
10	99,50	0,50	90,82	9,18	90,36	9,64
20	99,00	1,00	95,05	4,95	94,10	5,90
25	98,75	1,25	95,92	3,08	94,72	5,28
30	98,50	1,50	96,49	3,51	95,04	4,96
40	98,00	2,00	97,18	2,82	95,23	4,77
50	97,50	2,50	97,56	2,44	95,12	4,88
60	97,00	3,00	97,88	2,12	94,94	5,06
70	96,50	3,50	97,91	2,09	94,48	5,52
75	96,25	3,75	97,96	2,04	94,28	5,72
80	96,00	4,00	97,99	2,01	94,07	5,93
90	95,50	4,50	98,03	1,97	93,61	6,39
100	95,00	5,00	98,04	1,96	93,13	6,87
110	94,50	5,50	98,03	1,97	92,64	7,36
120	94,00	6,00	98,01	1,99	92,13	7,87
125	93,75	6,25	97,99	2,01	91,86	8,14
130	93,50	6,50	97,97	2,03	91,61	8,39
140	93,00	7,00	97,93	2,07	91,07	8,93
150	92,50	7,50	97,88	2,12	90,53	9,47

Le rendement de la ligne de transmission décroît lorsque la charge augmente, tandis que celui du transformateur croît de la marche à vide à la marche à pleine charge. Le rendement combiné maximum correspond au point où les courbes se coupent comme le montre la figure 3, et le fonctionnement économique optimum d'un tel système serait entre 40 et 60 pour 100 de charge. Dans le tableau ci-dessus, on suppose que le réseau ne comprend pas de transformateurs élévateurs mais distribue au voltage de la station.

Lorsque la charge n'est pas constante et, par exemple, dans les conditions exposées précédemment, c'est-à-dire la transmission d'énergie à un point éloigné de 10 miles et en réduisant les pertes, pour le facteur de puissance égal à 1, à 20 pour 100 de facteur de charge avec une capacité de 1 000 kw, les pertes dans la transmission varieraient entre les deux cas extrêmes mis en tableau ci-après :

	CHARGE			TRANSFORMATEUR		LIGNE			TRANSFORMATEUR			TOTAL PERTES EN KW-H
	Heures de fonctionnement.	Charge en pour 100	kw-h	Pertes en pour 100.	kw-h	Charge en pour 100.	Pertes en pour 100.	kw-h	Charge en pour 100.	Pertes en pour 100.	kw-h	
A	4,8	100	4 800	2,00	96	102	5,72	280,05	107,72	2,01	104,04	489,09
	19,2	0	0	1,00	192	1	0,06	0,18	1,06	1,01	193,92	386,10
	24,0			5,10	288		5,72	280,23		5,73	297,96	866,19
B	24	20	4 800	5,2	249,6	21,04	1,12	56,55	22,16	4,72	241,01	547,16

Cas A. — Énergie utilisée..... 4 800 kw-h.
Énergie dépensée..... 5 666,19 id.
Rendement..... 84,71 pour 100
Pertes..... 15,29 id.

Cas B. — Énergie utilisée..... 4 800 kw-h.
Énergie dépensée..... 5 347,16 id.
Rendement..... 89,76 pour 100
Pertes..... 10,24 id.

Digitized by Google

Dans les deux cas, le facteur de charge est le même, mais l'utilisation horaire de l'énergie est largement différente et représente, dans le cas A, une perte en kilowatts-heure égale à 18,04 pour 100 des kilowatts-heure

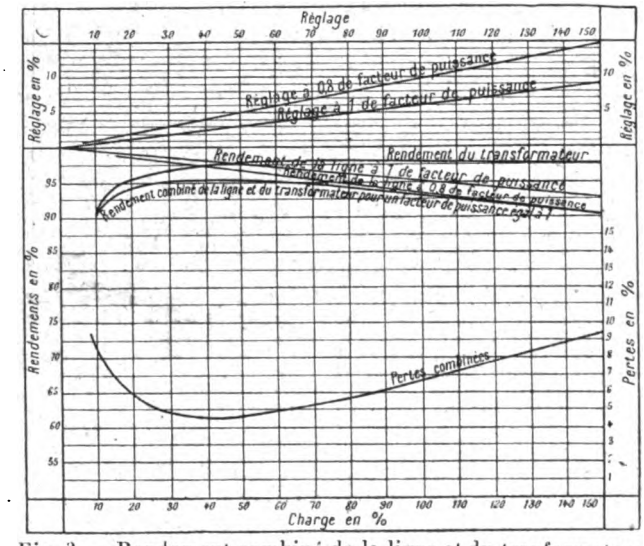


Fig. 3. — Rendement combiné de la ligne et du tranformateur.

fournis aux consommateurs, tandis que, dans le cas B, cette perte n'est plus que de 11,30 pour 100, l'énergie étant employée d'une manière continue.

Dans le cas B, le caractère de la charge demanderait des transformateurs ayant une capacité de seulement 1/5 de celle des transformateurs du cas A, puisque la charge n'est pas supérieure à 200 kw, et si l'on fournissait de tels transformateurs, les pertes se réduiraient de 10,24 pour 100 à 5,03 pour 100, soit 50 pour 100 de moins que dans le cas A, les pertes de transmission restant les mêmes.

Ces deux exemples font ressortir l'importance économique de dispositifs d'interruption pour déconnecter de la ligne, au moins les fortes installations de transformateurs pendant les heures de marche à vide lorsqu'il n'est pas possible d'interrompre le service à la station à cause de la charge utilisée en d'autres points de la ligne.

Etant donné que le rendement des transformateurs décroît rapidement à charge réduite en dessous de 50 pour 100, ce qui est dû principalement aux pertes dans le fer, il est très important de choisir la capacité des transformateurs pour la marche la plus économique. Là où la charge subit de grandes fluctuations, la solution du problème impose des conditions de dimensionnement qui permettent de surcharger les transformateurs pendant les périodes exceptionnelles de pointe sans nuire aux appareils, par exemple lorsqu'il y a à alimenter une mine de charbon dont la charge consiste en machines d'extraction, perforatrices et marteaux-pics mécaniques. La figure 4 montre les caractéristiques d'une telle charge et les conditions exigées des transformateurs de puissance. Cette installation est alimentée par un groupe de transformateurs ayant une capacité de

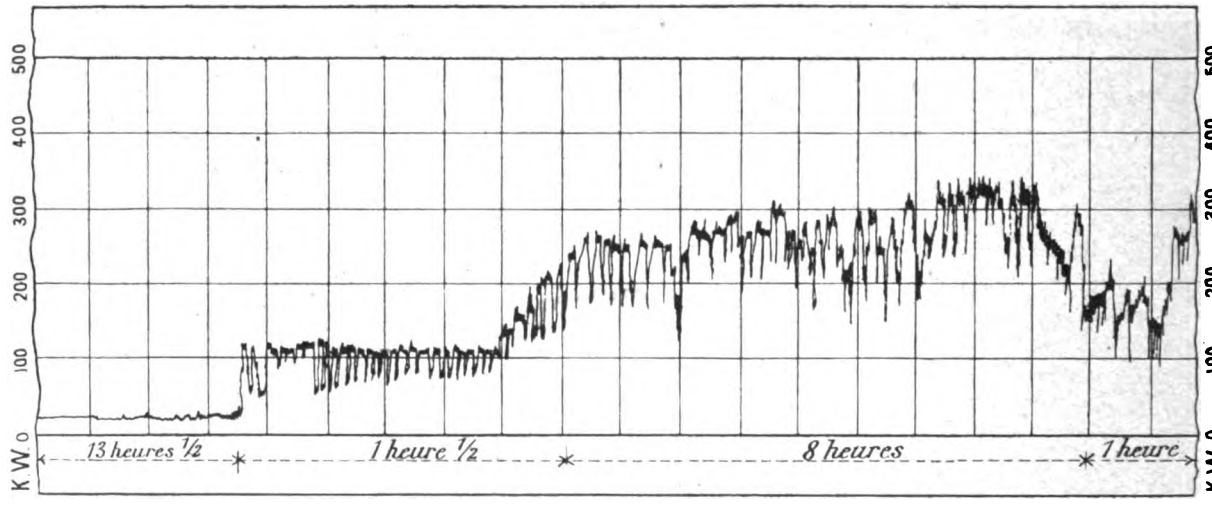


Fig. 4. — Caractéristiques d'une charge à pointes exceptionnelles.

150 kv-a seulement, triphasés, 60 périodes, isolement et refroidissement à huile, calculés et construits pour marcher deux heures à 200 pour 100 de charge sans dommage. Si l'on avait prévu 200 kv-a au lieu de 150 kv-a de capacité, les pertes journalières moyennes à combler dans les deux cas se compareraient comme suit :

Jours d'exploitation totale, d'après la courbe..	250
Jours d'exploitation à faible charge.....	100
Jours d'arrêt.....	15
Total.....	365

PUISSANCE DU TRANSFORMATEUR	150 KV-A		300 KV-A	
Pertes :	par jour	par an	par jour	par an
250 jours de pleine charge.	87,9	21 975	91,7	229 25
100 jours de faible charge.	48,0	4 800	60,5	60 50
Pertes totales en kw-h.	135,9	26 577	152,2	289 75

Digitized by Google

Avec l'installation des transformateurs de 150 kv-A on effectue une économie de 7,04 pour 100 dans les pertes en kilowatts-heure par rapport aux transformateurs de 200 kv-A. Dans un cas l'installation marche à 67 pour 100 du facteur de charge, tandis que dans l'autre ce facteur n'est que de 50 pour 100.

Au début les constructeurs avaient soulevé des objections sérieuses à propos des deux heures de marche à 200 pour 100 de charge, mais depuis lors des progrès dans le calcul et la construction ont rendu possible la production de transformateurs capables de répondre avec succès non seulement à ces conditions, mais aussi à celle plus sévère encore de supporter les courts-circuits.

Ces progrès sont des plus heureux car ils ont amené des appareils plus robustes et plus sûrs, augmentant ainsi grandement la commodité du service pour un coût additionnel léger, très justifié, si l'on considère la plus grande économie, la souplesse et la sécurité de l'exploitation.

Economie de la transmission.

D'après la loi de Kelvin, la mise de fonds admissible théoriquement dans un système de transmission doit être telle qu'elle réponde aux conditions suivantes sur la base d'une année :

Mise de fonds × charges fixes en pour 100 = pertes en kilowatts-heure × coût du kilowatt-heure. Cette loi économique ne laisse pas de latitude pour le développement de l'entreprise et ne tient compte que de certaines conditions immédiates, lesquelles, si l'on s'y conformait, empêcheraient l'extension de l'affaire. Comme l'expérience montre que la plupart des entreprises se développent ultérieurement, la formule ci-dessus doit être généralement modifiée dans une certaine mesure compatible avec les ressources financières dont on dispose au moment de la création.

Revenant à l'exemple concret choisi plus haut, c'est-à-dire à la transmission d'énergie à un point distant de 10 miles, une installation initiale de 1 000 kw, un facteur de charge immédiat de 20 pour 100, nous pouvons admettre une courbe de charge quotidienne moyenne comme celle représentée sur la figure 5. L'analyse de

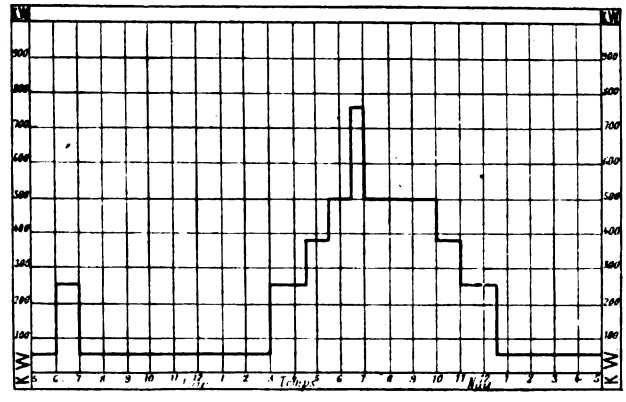


Fig. 5. — Charge quotidienne moyenne avec un facteur de charge de 20 pour 100.

cette courbe donne les rendements de transmission suivants :

Transmission de 1 000 kw à 20 pour 100 de facteur de charge et 80 pour 100 de facteur de puissance.

CHARGE			TRANSFORMATEUR		LIGNE			TRANSFORMATEUR			PUISSANCE TOTALE ABSORBÉE
Heures de fonctionnement.	Charge en pour 100.	kw-h	Pertes en pour 100.	kw-h	Charge en pour 100.	Pertes en pour 100.	kw-h	Charge en pour 100.	Pertes en pour 100.	kw-h	
0,5	75	375	2,60	9,75	76,95	5,48	21,08	82,43	2,54	10,30	416,13
4,0	50	2 000	3,12	62,40	51,56	3,67	75,69	55,23	2,95	63,07	2 201,16
2,0	37,5	750	3,80	28,50	38,92	2,77	21,56	41,69	3,52	28,16	828,22
4,0	25	1 000	5,31	53,10	26,26	1,87	19,69	28,13	4,79	51,38	1 124,17
13,5	5	675	24,06	169,15	6,35	0,45	3,79	6,80	18,45	156,44	1 004,38
24,0		4 800	6,72	322,90		2,76	141,81		5,87	309,35	5 574,06

Rendement de la transmission $\frac{100 \times 4\,800}{5\,574,06} = 86,11\ \%$.

Pertes quotidiennes moyennes 774 kw-h, et annuelles 282 510 kw-h, qui doivent être fournies par la station génératrice en sus des kilowatts-heure vendus, et à un coût de production auquel doivent être ajoutées les charges fixes relatives à l'équipement des unités génératrices, aux assurances, impôts, etc., tous les facteurs variables suivant les circonstances et les lieux, mais dont l'ensemble avoisine, dans les installations modernes à vapeur, 0,5 pour 100 par kw-h produit.

La formule de Kelvin se présente donc comme suit dans le cas présent :

$$\frac{\text{capital engagé}}{(13\,402 \times 0,15)} = \$\ 2\,010$$

contre

$$\frac{\text{pertes}}{(282\,510 \times 0,005)} = \$\ 1\,412,55$$

Digitized by Google

ce qui nous montre la loi économique transgressée ; le capital engagé dans les conducteurs de ligne est trop élevé de $ 598 soit 29,75 pour 100. Pour s'accorder théoriquement avec la loi de Kelvin, les pertes en ligne devraient être augmentées de 80 pour 100, soit de 6,66 à 11,98 pour 100, correspondant à un conducteur de cuivre ayant une section comprise entre # 4 et # 5 de la jauge Brown et Sharp.

La question du réglage doit être considérée comme un facteur important au point de vue de la qualité du service. Dans l'exemple traité, la chute en ligne entre charge nulle et 3/4 de charge passe, de 5,48 pour 100, réglage très acceptable, à 9,86 pour 100, et si une charge additionnelle s'ajoute plus tard à la puissance totale de 1 000 kw, le réglage de la ligne deviendra encore plus mauvais, 11,98 pour 100 c'est-à-dire imcompatible avec un bon service et interdisant toute nouvelle addition de charge en pointes. De plus, une certaine marge doit être gardée pour des circonstances imprévues comme l'accroissement provenant d'un faible facteur de puissance dû à des moteurs ou à des transformateurs faiblement chargés, ce qui rend encore le réglage moins bon.

Si maintenant nous supposons la même ligne de transmission et le même équipement qui ont été exposés dans les exemples ci-dessus, mais avec une demande supplémentaire augmentant le facteur de charge jusqu'à 30 pour 100, soit avec une courbe de charge indiquée par la figure 6, le rendement et les pertes deviennent:

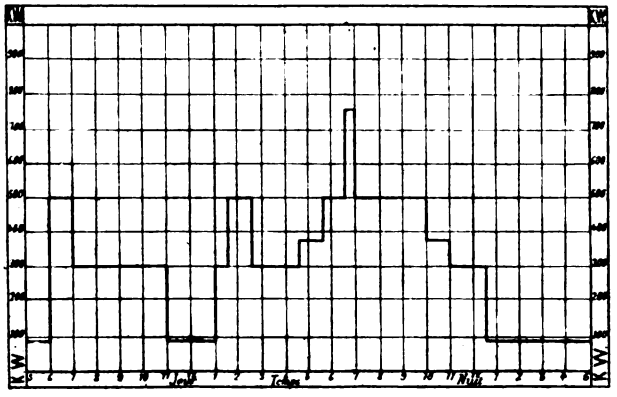


Fig. 6. — Charge quotidienne moyenne avec un facteur de charge de 30 pour 100.

Transmission de 1 000 kw à 30 pour 100 de facteur de charge et 80 pour 100 de facteur de puissance,

CHARGE			TRANSFORMATEUR		LIGNE			TRANSFORMATEUR			PUISSANCE TOTALE ABSORBÉE
Heures de fonctionnement.	Charge en pour 100.	kw-h	Pertes en pour 100.	kw-h	Charge en pour 100.	Pertes en pour 100.	kw-h	Charge en pour 100.	Pertes en pour 100.	kw-h	
0,5	75	375	2,60	9,75	76,95	5,48	21,08	82,43	2,54	10,30	416,13
6,0	50	3 090	3,12	93,60	51,56	3,67	113,53	53,23	2,95	94,60	3 301,73
2,0	37,5	750	3,80	28,50	38,92	2,77	21,56	41,69	3,52	28,16	828,22
8,0	30	2 400	4,52	108,48	31,35	2,23	55,93	33,58	4,13	105,91	2 670,32
7,5	9	675	13,61	91,86	10,02	0,71	5,44	10,73	11,78	90,97	863,27
24,0		7 200	4,61	332,19		2,88	217,54	—	4,25	329,94	8 079,67

Rendement de la transmission $\frac{100 \times 7\,200}{8\,079{,}67} = 89{,}11\ \%$.

La formule de Kelvin donne donc

$$\frac{\text{capital engagé}}{(13\,400 \times 0{,}15)} = \$\ 2\,010$$

contre

$$\frac{\text{pertes}}{321\,029 \times 0{,}005} = \$\ 1\,505{,}15,$$

c'est-à-dire que les pertes sont encore en dessous des charges fixes originelles, tandis que la mise de fonds admissible pour les conducteurs aurait pu être portée à $ 42 600 et les pertes annuelles à $ 6 390, soit plus de quatre fois les pertes calculées plus haut.

Il est vrai que le capital initial, une fois engagé dans les conducteurs de ligne, peut être difficilement augmenté à moins que l'on n'installe une deuxième ligne, mais une partie du capital supplémentaire admissible sera absorbé par l'installation de régulateurs de feeder ou de condensateurs synchrones (compensateurs de phase) pour améliorer le réglage de la tension à l'extrémité réceptrice. Cette façon de procéder se montrera être un meilleur placement jusqu'à une certaine puissance à transmettre au delà de laquelle une seconde ligne devient indispensable. D'ailleurs, l'entreprise se développant, il se trouvera en temps utile un fonds d'amélioration disponible.

La loi de Kelvin n'est pas applicable dans la plupart des cas rencontrés dans les problèmes de transmission, et doit de préférence n'être employée que comme première base pour guider les calculs, les facteurs de limitation, étant : réglage de tension compatible avec un bon service, et marge pour l'extension future de l'affaire dans les limites permises par des considérations financières. On doit se rappeler que toutes les lignes établies sur des territoires nouveaux sont, pour ainsi dire, des lignes d'exploration ouvrant la porte au

Digitized by Google

service électrique qui attire les affaires par son économie et sa commodité.

La généralisation du service électrique a résulté de sa souplesse, de sa commodité et de son économie pour tous usages; pratiquement son succès dépend de sa sécurité de fonctionnement et réclame une limitation dans les variations de voltage; par suite, la question du réglage devient de plus en plus importante tous les jours. Ceci ne doit pas être perdu de vue lorsqu'on fait un projet de lignes de transmission et de distribution, excepté dans des cas spéciaux où la chute en ligne peut être convenablement compensée à chaque extrémité. En évaluant le réglage d'une ligne, il faut aussi considérer celui des appareils de transformation, et l'y ajouter; la somme des deux doit se trouver en deçà de limites admissibles ou fixées par des règlements de Commissions, avec réserves en vue d'ultérieures augmentations de charge et variations du facteur de puissance.

Dans tous les cas, une étude approfondie des nécessités futures doit être faite pour permettre d'être prêt à y répondre; en même temps, on doit peser soigneusement les considérations financières, attendu qu'elles sont, en maintes occasions, un autre facteur limitatif. Dans ce dernier cas, des prévisions techniques aussi étendues que possible doivent être établies en perspective des événements futurs, soit pour la construction d'une ligne de doublage, ou d'une boucle, soit pour l'emploi d'un voltage plus élevé.

Les calculs préliminaires peuvent être effectués sur la ligne décrite précédemment pour s'assurer si l'exploitation couvrira les dépenses dès le début ou dans un délai raisonnable, tout en permettant une extension future. Si la première approximation montre une faible marge et s'il y a évidence d'un futur accroissement des affaires, un deuxième calcul doit être fait sur la base des demandes probables définitives, et l'on voit alors si les dépenses additionnelles peuvent être supportées jusqu'à ce que la nouvelle affaire soit en marche.

Il n'est pas nécessaire pour chaque problème d'entrer dans une analyse minutieuse comme dans le présent article, cette étude n'étant indiquée que pour le cas où il existe un doute sur l'heureux développement d'une entreprise. La devise qui doit guider dans tout transport de force électrique est « le service » et tous les efforts doivent tendre à l'assurer.

GEORGE-P. ROUX,
Ingénieur-conseil à Philadelphie, Pa.

Les sous-stations extérieures de transformation

Dans cet article, l'auteur décrit les sous-stations de transformation extérieures qui prennent actuellement un grand développement en Amérique; il en expose les conditions d'établissements et les divers avantages et inconvénients.

Un des problèmes les plus importants posés par la guerre est incontestablement celui de la production et de la distribution économique de l'énergie électrique, qui exigent l'emploi de puissantes unités, le transport de l'énergie sous très haute tension et l'interconnexion des usines d'une même région. Pour résoudre ce problème, l'étude complète des usines génératrices, des sous-stations et des réseaux de distribution dans des pays avancés sous ce rapport, s'impose et, à ce point de vue, l'exemple des États-Unis est très instructif. Nous ne nous arrêtons que sur une des faces de ce problème, celle des sous-stations extérieures qui présentent un progrès notable dans la construction des postes de transformation, permettant de réduire les dépenses d'installation.

Les sous-stations de transformation doivent non seulement répondre aux exigences d'ordre électrique et mécanique, mais encore être d'un coût de première installation suffisamment bas. Généralement, c'est l'emplacement des appareils à très haute tension qui exige beaucoup de place, de sorte que le bâtiment qui doit les contenir coûte très cher. On a donc conçu l'idée de réduire les frais d'installation en plaçant les appareils de la sous-station en plein air. Ce projet a déjà reçu une réalisation pratique sous diverses formes qui dépendent des conditions climatériques de la région ainsi que de la puissance et du caractère de la sous-station. Aussi, lorsque tous les appareils sont statiques et que le climat n'est pas très rigoureux, fait-on la sous-station entièrement extérieure. Dans d'autres cas, où la sous-station comprend des groupes convertisseurs rotatifs et lorsque les conditions climatériques ne sont pas favorables, on a recours aux installations mixtes, ne plaçant au dehors que les appareils pouvant facilement supporter les intempéries. Aux États-Unis, les sous-stations extérieures ont reçu une large application et, au début de 1914, la puissance totale des appareils installés en plein air était, d'après M. Macomber, (voir les « Proceedings of the American Institute of Electrical Engineers », février 1914) de 300 000 kw.

On emploie avantageusement les sous-stations extérieures dans les cas où leur prix relativement bas permet soit d'acquérir de petits consommateurs à proximité des lignes de transport de l'énergie, soit de fournir le courant aux entreprises isolées, pas trop éloignées de ces lignes. L'« Electrician » du 11 février 1916 envisage

Digitized by Google

les cas suivants : *a*) faubourgs éloignés; *b*) villages et fermes; *c*) entreprises industrielles isolées : usines, mines, agriculture, etc .; *d*) réseaux de chemin de fer employant pour la traction le courant alternatif; *e*) entreprises qui agrandissent leur installation. Les types des sous-stations qui dépendent de la tension de la ligne de transport, de la quantité et de la nature de l'énergie consommée, sont récapitulés dans le tableau I :

TABLEAU I.

TENSION	PUISSANCE DE LA SOUS-STATION EN KILOWATTS	TYPE D'INSTALLATION
Jusqu'à 6 500 v.	Jusqu'à 30	Sur un poteau.
	30- 75	Sur deux poteaux.
De 6 500 à 16 500 v.	75-150	Plate-forme sur une tourelle en acier.
Au-dessus de 16 500 v.	150 et au-dessus	Sur une fondation en béton, protégée par une grille.

Les transformateurs, les appareils de protection et ceux de contrôle, faisant partie de l'équipement des sous-stations en plein air, doivent présenter des garanties suffisantes au point de vue de l'isolement électrique et de la solidité mécanique.

L'appareillage de ces sous-stations doit donc être soumis aux épreuves spéciales de la même façon que les isolateurs, destinés aux lignes aériennes de très haute tension. M. Picou, dans sa communication sur l'« Unification des isolateurs des lignes aériennes », faite à la Société internationale des Électriciens, a exposé les conditions qui doivent être remplies par les porcelaines et les ferrures faisant partie des isolateurs de ligne. Cette unification pourra donc être avantageusement étendue à tous les éléments de la sous-station en plein air. L'appareillage, employé dans chaque cas particulier, dépend des conditions atmosphériques de la région, de la tension de la ligne et de la puissance de l'usine génératrice d'électricité.

Il est très important d'assurer la protection, contre l'humidité, des enroulements des transformateurs en rendant ces derniers non seulement imperméables, mais aussi hermétiquement fermés, de façon à empêcher la pénétration de l'air extérieur. En effet, lorsque la température est élevée, l'air contenu dans la partie supérieure du récipient se dilate et s'en échappe. Pendant la période de refroidissement l'air du récipient se condense et aspire l'air extérieur avec l'humidité qu'il contient. Ainsi peu à peu l'humidité peut pénétrer dans le récipient. Les transformateurs hermétiquement fermés doivent donc être d'une construction très solide pour pouvoir résister aux variations de la pression intérieure. Les transformateurs doivent être protégés par des couvercles solides; ils sont quelquefois munis d'un dispositif spécial de contrôle de son fonctionnement.

Les transformateurs employés en plein air doivent être protégés contre la chaleur en été et contre le froid excessif en hiver. La congélation de l'huile, employée pour le refroidissement des transformateurs, a lieu à — 15°, température souvent dépassée aux États-Unis. Si on lance le courant dans un transformateur dont l'huile est gelée même partiellement, on risque fort de compromettre son enroulement avant que l'huile se soit dégelée. Les transformateurs de réserve sont les plus exposés à ce danger. Plusieurs procédés permettent de remédier à cet inconvénient. Les plus efficaces sont : 1° le réchauffement de l'huile par un courant, lancé dans l'enroulement à haute tension en employant dans ce but la basse tension; 2° le réchauffage de l'huile par des enroulements spéciaux, placés à l'intérieur du réservoir des transformateurs.

En ce qui concerne les bobines de réactance qui servent à protéger les sous-stations en plein air contre les surtensions, il faut, pour le calcul de leurs dimensions, prendre en considération : les conditions climatériques, la puissance de l'installation, la longueur de la ligne de transport, la tension de la ligne et la fréquence du courant. Généralement, lorsque cette dernière est suffisamment élevée, les petites bobines présentent une résistance suffisante pour retenir l'onde de surtension pendant le temps nécessaire à la mise en fonction du parafoudre. Ces bobines doivent être rigides, avoir un

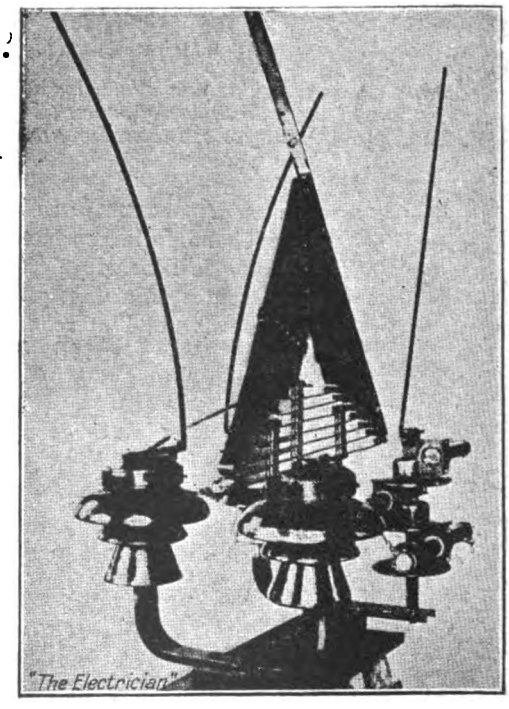


Fig. 1. — Vue de l'appareil « Burke ».

faible encombrement et des spires bien isolées les unes des autres.

La Railway and Industrial Engineering Company de

Digitized by Google

Pittsburg (Etats-Unis) fabrique un genre intéressant d'appareils, connu sous le nom de « Burke ». Comme on voit sur la figure 1, cette variété d'appareil comprend une bobine de réactance dont une partie forme une des cornes du parafoudre, le parafoudre et la résistance qui limite le courant de décharge. Le faible encombrement et l'extinction rapide des arcs sont, grâce à la présence de la bobine de self-inductance, les avantages appréciables de cet appareil.

La disposition des appareils de protection, ainsi que celle du transformateur triphasé d'une petite sous-station typique, est représentée sur la figure 2. Pour les puissances faibles et les tensions relativement basses, le transformateur est suspendu directement à un poteau solide au-dessous de la ligne de transmission, tandis que tous les autres appareils sont fixés entre le transformateur et la ligne. Les transformateurs de puissance plus forte et de tension plus haute sont montés sur des tourelles en acier ou sur des plates-formes en béton.

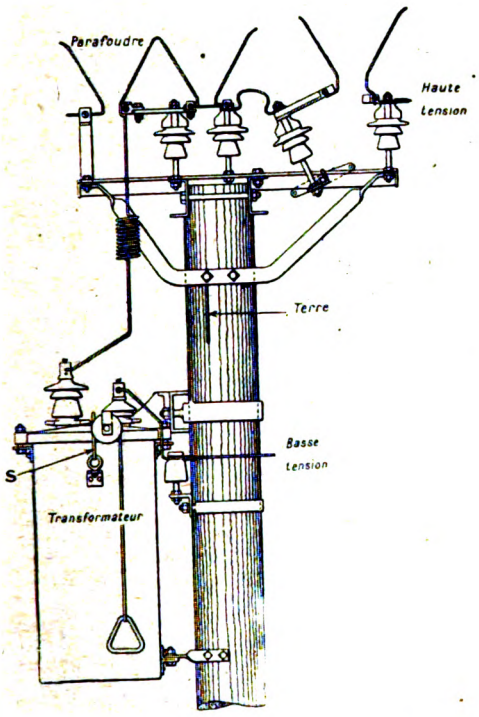


Fig. 2. — Vue d'une petite sous-station extérieure typique montée sur un poteau.

Les sous-stations extérieures ont, par comparaison avec les sous-stations couvertes, les avantages suivants : 1° la simplicité de l'équipement ; 2° des frais peu élevés de premier établissement ; 3° la facilité d'agrandissement ; 4° des risques plus faibles d'incendie ; 5° une meilleure ventilation des transformateurs.

Par contre, elles présentent quelques inconvénients dont les plus notables sont : 1° la nécessité de réparations assez fréquentes ; 2° des risques de mauvais fonctionnement ; 3° elles sont un danger pour le public et ont un aspect inesthétique. Leur emploi se limite donc aux endroits éloignés des agglomérations.

Les « Proceedings of the American Institute of Electrical Engineers » de février 1914 donnent quelques descriptions des sous-stations extérieures, construites récemment aux Etats-Unis. Certaines sont du type mixte ; ainsi en Nouvelle-Angleterre l'appareillage à haute tention (66 000 v) et les transformateurs sont placés à l'extérieur, tandis que l'appareillage à basse tension (13 200 et 2 300 v) ainsi que les groupes convertisseurs se trouvent à l'intérieur. Cet arrangement a été adopté à la suite des considérations suivantes :

1° L'appareillage de très hautes tensions exigeant beaucoup de place, en le mettant à l'extérieur, on réalise une forte économie dans les dépenses d'installation ;

2° Sous le climat de la Nouvelle-Angleterre, les interrupteurs, les parafoudres et les transformateurs fonctionnent parfaitement en plein air dans le voisinage de 66 000 v ;

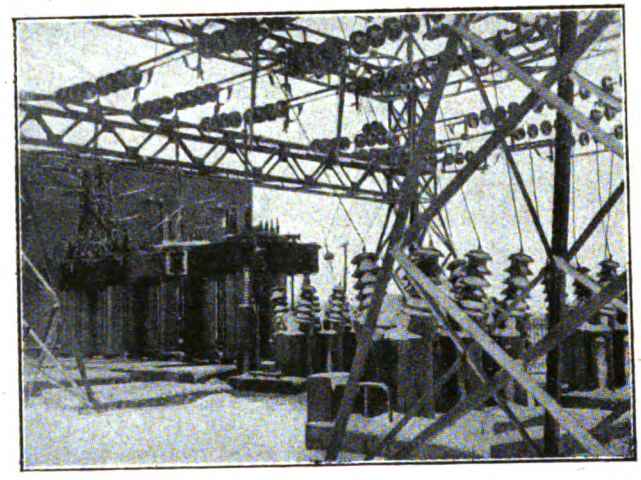


Fig. 3. — Vue de la sous-station extérieure de Chicopée (Massachussetts E. U.)

3° D'autre part, étant donné le mode actuel de construction des tableaux de distribution, des appareils de contrôle, et du convertisseur pour la traction, ceux-ci ne peuvent pas être placés en plein air.

La figure 3 montre la sous-station de Chicopée (Massachusetts E. U.), construite par la « Amherst Power C° » et qui reçoit du courant triphasé à 66 000 v et à 60 p : sec qu'elle transforme en courants à 13 200 et à 2 300 v. Sous ces tensions, le courant est distribué aux abonnés chez lesquels sont placés d'autres transformateurs, installés en plein air, tels que celui représenté sur la figure 4, qui abaissent la tension à 2 300, 550 ou 440 v.

Dans l'Ouest moyen, les sous-stations en plein air ont été construites avec la plus grande simplicité possible, tout en assurant la sécurité de la ligne principale de 33 000 v. Leur création est due aux conditions

Digitized by Google

spéciales de cette région agricole et surtout à son éloignement des différents centres et exploitations isolées.

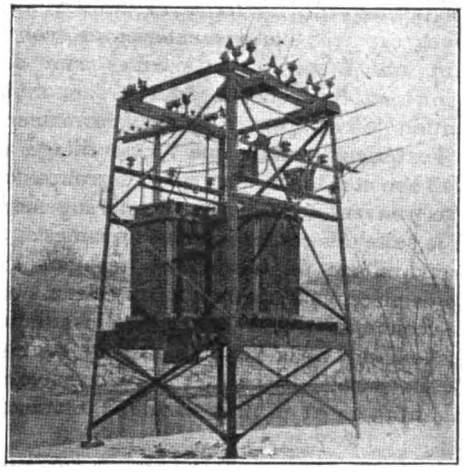


Fig. 4. — Vue d'un transformateur de 750 kw, installé chez un consommateur par la « Amherst Power Co » et abaissant la tension de 13 200 à 2 300 v. (Massachusetts (E.U).

Dans la province d'Ohio, les sous-stations de distribution sont en partie en plein air, en partie mixtes. Ces dernières sont utilisées dans les cas où l'on emploie des groupes convertisseurs rotatifs exigeant des compartiments clos.

L'exploitation des sous-stations extérieures a été couronnée de plein succès. Les services qu'elles rendent permettent d'envisager l'emploi du même genre d'installations dans les sous-stations très importantes et dans les usines génératrices d'électricité. A ce point de vue, l'exemple de la centrale électrique de la Pennsylvania Utilities Co (voir pour les détails l' « Electrical World » du 15 avril 1916), à Easton (Pennsylvania E. U.), et du réseau de distribution de l'énergie électrique de l' « Alabama Power Co » sont très instructifs.

La première a pu réduire les dimensions du bâtiment de sa centrale en y installant des groupes électrogènes, des appareils de contrôle et des appareils à encombrement faible. Quant aux transformateurs et à l'appareillage de haute tension, ils sont placés à l'extérieur. Dans cette installation certaines simplifications ont été effectuées, grâce à l'application des conducteurs rigides au lieu de fils habituellement employés et à la substitution

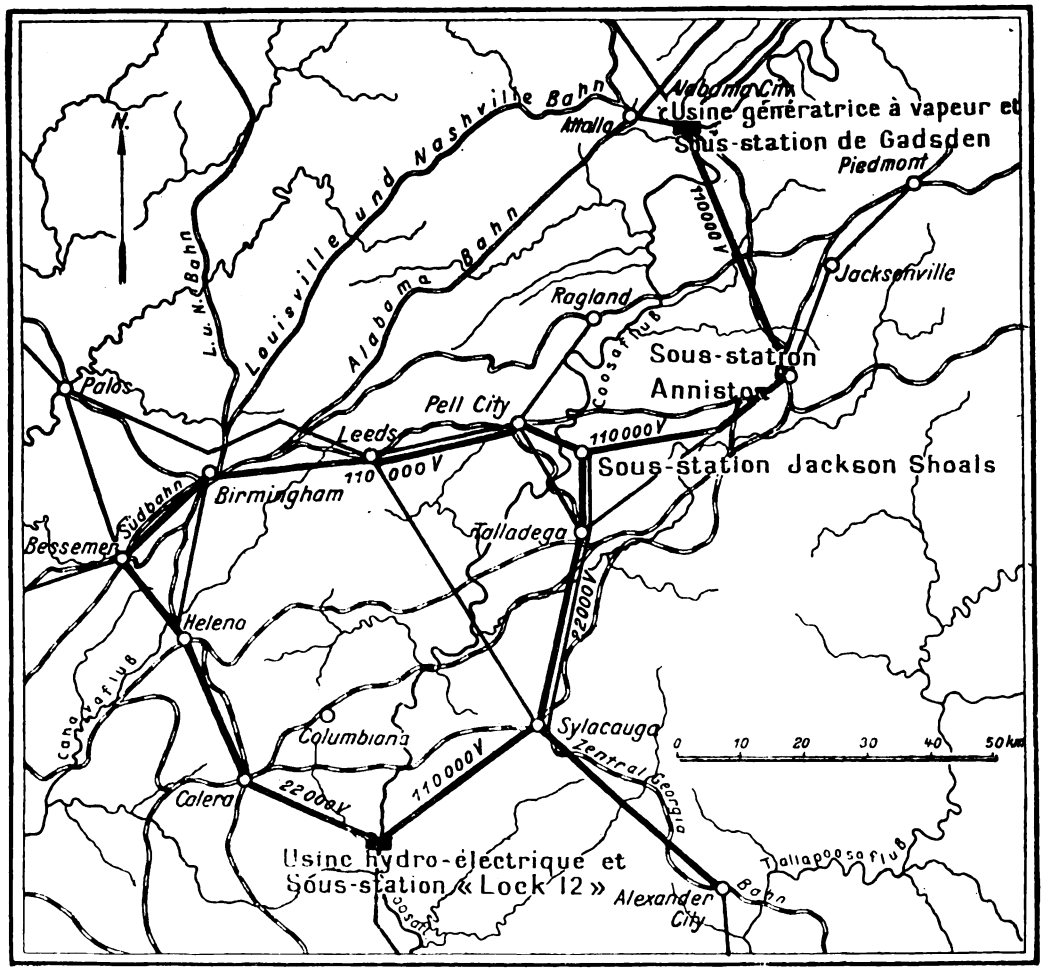


Fig. 5. — Vue générale du réseau de distribution de l'Alabama Power Co.

Digitized by Google

aux isolateurs en chapelet de ceux sur tiges rigides. Les boucles et les détours des conducteurs ont pu ainsi être évités, ce qui a permis de réduire le nombre de supports isolants.

Le réseau de l'Alabama Power Co est alimenté par la centrale thermique de Gadsden dont la puissance en turbo-alternateurs installés atteint 12 500 kv-a, et par la centrale hydro-électrique « Lock 12 » de 54 000 kv-a

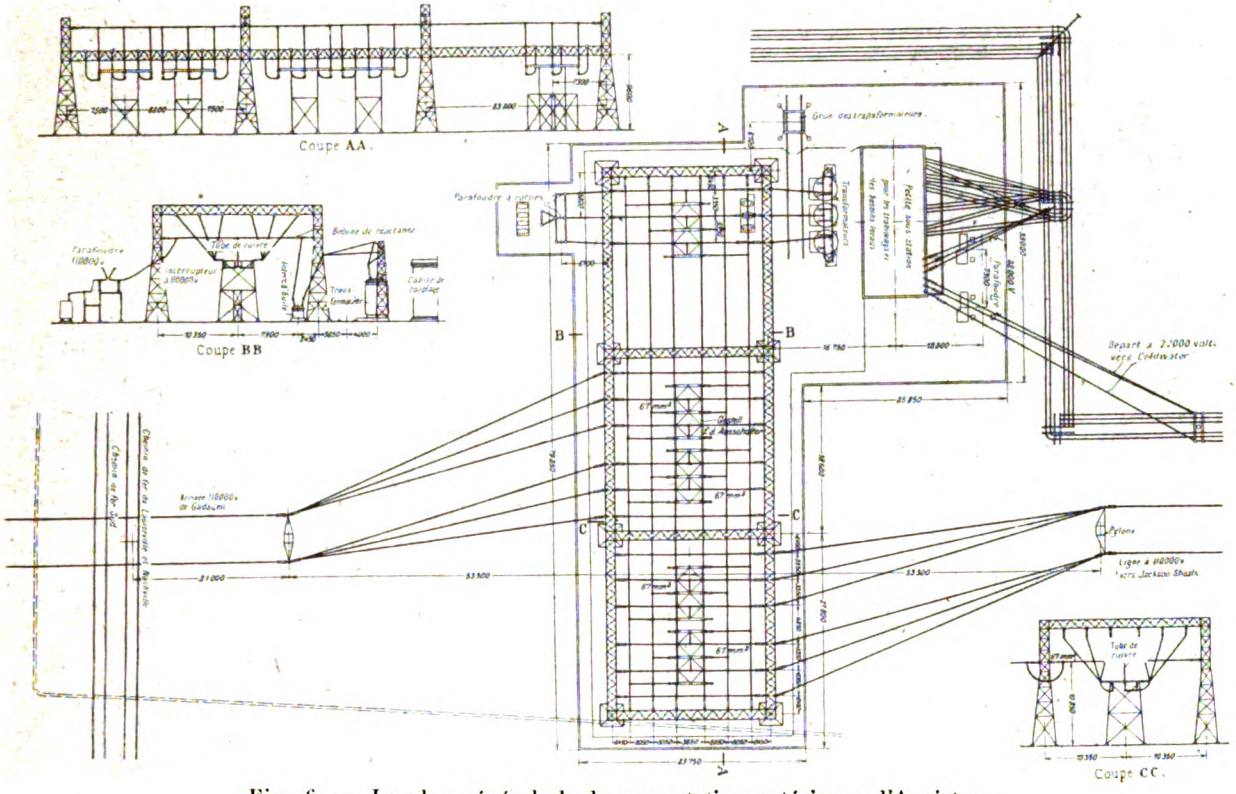


Fig. 6. — Le plan général de la sous-station extérieure d'Anniston.

installée sur les chutes de Coos. Les deux centrales fournissent l'énergie sous la tension de 110 000 v à Birmingham situé à 300 km de la première et à 80 de la seconde. D'autres sous-stations importantes qui se trouvent entre Gadsden et Birmingham sont : « Anniston et Jackson Shoals » qui ont été construites en plein air, après une étude approfondie des conditions locales. Les barres omnibus, l'appareillage de haute tension et les transformateurs supportent facilement les intempéries car l'hiver n'est pas très rigoureux dans ce pays, et le givre et la glace n'y sont pas à craindre. La carte du réseau de distribution de l'Alabama Power Co est reproduite en figure 5.

L'usine génératrice d'électricité de Gadsden est du même type que celle d'Easton. Les turbo-alternateurs fournissent le courant sous 2 300 v qui est transformé en 22 000 v pour le réseau local et à 110 000 v pour la ligne de transmission qui va à Birmingham. Le poste de transformation avec ses appareils de haute tension se trouve en plein air. Ce poste doit, dans les cas d'arrêt de la centrale thermique de Gadsden, pouvoir abaisser le courant de 110 000 v, qu'il peut recevoir, à 22 000 v. Les transformateurs employés sont munis, en conséquence, d'enroulements de 2 300, 22 000 et 110 000 v permettant d'obtenir des combinaisons diverses.

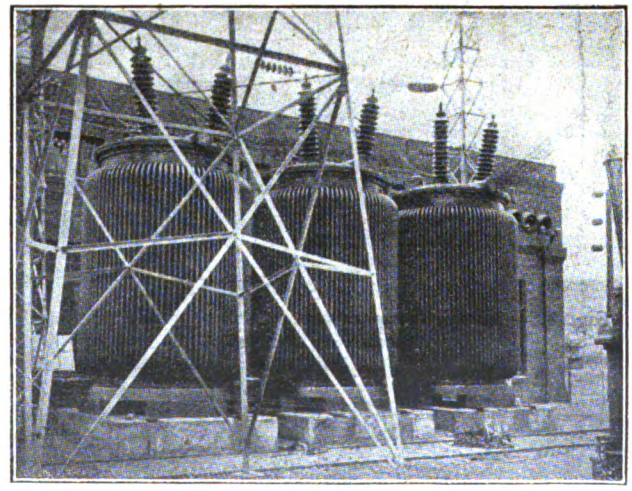


Fig. 7. — Vue des trois transformateurs de 2 000 kv-a et 110 000 v de la station extérieure d'Anniston.

Chaque générateur de 6 250 kv-a alimente trois trans-

Digitized by Google

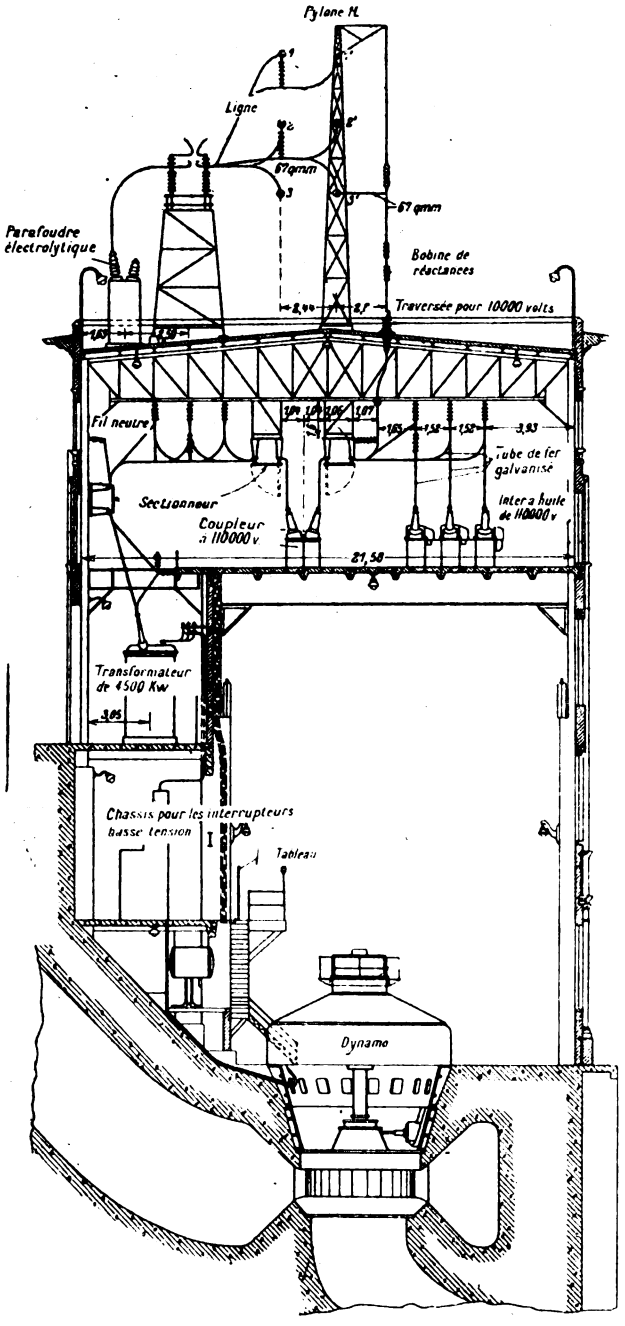


Fig. 8. — Coupe transversale de l'usine génératrice d'électricité « Lock 12 ».

formateurs monophasés de 2 100 kv-a chacun qui sont remplis d'huile et munis d'un dispositif pour le refroidissement à l'eau. Sur sept transformateurs employés, un sert de réserve. Leur rendement garanti est de 98,3 pour 100 pour la pleine charge, de 98,1 pour 100 pour les trois quarts, de 97,6 pour 100 pour la moitié et de 95,9 pour 100 pour un quart de charge. Chaque transformateur exige 53 litres d'eau de refroidissement par minute. Le tableau de distribution, les relais et l'appareillage de 2 300 v sont enfermés dans le bâtiment de l'usine.

Des précautions spéciales ont dû être prises pour bien isoler les appareils de haute tension et les barres omnibus. Les fermes métalliques, destinées à supporter les barres, présentent un poids notable qui est de 30 t à Gadsden, de 22 t à Anniston et de 35 t à Jackson Shoals. Le matériel de la sous-station de Gadsden a été fourni par la « General Electric Co ».

La sous-station d'Anniston, dont la vue générale est représentée sur la figure 6, est analogue à celle de Gadsden. Elle comprend trois transformateurs (voir fig. 7) de 2 000 kv-a chacun permettant d'abaisser la tension de 110 000 v à 22 000 v. A l'intérieur du bâtiment se trouvent un groupe convertisseur produisant du courant continu sous 550 v et trois transformateurs permettant d'abaisser la tension de 22 000 à 2 300 v pour le réseau local.

La sous-station de « Jackson Shoals » est très importante, grâce à la situation particulière qu'elle occupe dans le réseau d' « Alabama Power Co ». Située tout près du centre industriel de Birmingham, elle reçoit l'énergie sous 110 000 v de l'usine thermique de Gadsden d'une part et de l'usine hydraulique n° 12, d'autre part. La disposition générale est analogue aux sous-stations précédentes.

L'usine hydro-électrique « Lock 12 », présentée sur la figure 8, comprend des turbines verticales, type Morris, accouplées directement aux générateurs Westinghouse de 13 500 kv-a. Le toit de cette usine est surmonté de fermes métalliques servant aux transmissions de l'énergie et de parafoudres électrolytiques. La figure 8, représentant la coupe transversale de l'usine, montre que ce dispositif rend très faible l'encombrement de l'usine.

J. V.

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

Commerce de l'Italie en matériel électrique, d'après les statistiques douanières de ce pays

Dans des tableaux statistiques très complets, cet article reproduit les chiffres du commerce spécial de l'Italie depuis 1911 en dynamos, transformateurs, accumulateurs, ventilateurs, lampes, charbons, fils et câbles, comme importations et exportations. Il en ressort que l'industrie italienne de matériel électrique prend un développement croissant et qu'il y a un intérêt de premier ordre, pour les constructeurs français, à s'assurer une clientèle importante chez nos voisins latins.

M. l'ingénieur Legouëz, membre de la Chambre de commerce de Paris, avait, dans son mémoire comme rapporteur du groupe V (classes 28 à 34. Electricité) à l'Exposition internationale des industries et du travail

TABLEAU I.

PAYS DE PROVENANCE	IMPORTATIONS 1913 — QUANTITÉS EN QUINTAUX	IMPORTATIONS 1913 — VALEURS EN LIRES	PAYS DE DESTINATION	EXPORTATIONS 1913 — QUANTITÉS EN QUINTAUX	EXPORTATIONS 1913 — VALEURS EN LIRES
810 Machines dynamo-électriques d'un poids supérieur à 1.000 kg.					
Allemagne	13 987	2 937 270	Angleterre	38	7 980
Angleterre	2 037	427 770	Argentine	262	55 620
Autriche	1 893	397 530	Brésil	133	27 930
Belgique	114	23 940	Erythrée	16	3 360
Etats-Unis	265	55 650	Etats-Unis	13	2 730
France	845	177 450	France	12	2 520
Suède	448	94 080	Inde	14	2 940
Suisse	848	178 080	Roumanie	67	14 070
			Suisse	16	3 360
			Tripolitaine	340	71 400
			Turquie d'Asie	34	7 140
			— d'Europe	30	6 300
le quintal			le quintal		
1913.. Valeur 210 Lires	20 437	4 281 770	1913.. Valeur 210 Lires	975	204 750
1912..	29 088	6 108 480	1912..	971	203 910
1911..	33 183	6 968 430	1911..	571	119 910
			Réexportation de machines importées temporairement.		
			Argentine	198	41 580
			Brésil	11	2 310
			Inde	14	2 940
			Roumanie	67	14 070
			1913	290	60 900
			1912	142	38 220
			1911		
			1910	2 105	442 050
			1909	981	206 010

Digitized by Google

TABLEAU II.

PAYS DE PROVENANCE	IMPORTATIONS		PAYS DE DESTINATION	EXPORTATIONS	
	QUANTITÉS EN QUINTAUX	VALEURS EN LIRES		QUANTITÉS EN QUINTAUX	VALEURS EN LIRES
811 Machines dynamo-électriques d'un poids de 1 000 kg et au-dessous.					
Allemagne	9 958	2 688 660	Aden	7	1 890
Angleterre	1 192	321 840	Allemagne	426	115 020
Autriche	2 356	636 120	Angleterre	307	82 890
Belgique	56	15 120	Argentine	2 703	729 810
Espagne	2	540	Australie	136	36 720
Etats-Unis	485	130 950	Autriche	257	69 390
France	489	132 030	Belgique	190	51 300
Hollande	1	270	Bolivie	5	1 350
Norvège	4	1 080	Brésil	744	200 880
Suisse	597	161 190	Canada	98	26 460
Tripolitaine	5	1 350	Chili	3	810
Turquie d'Europe	36	9 720	Chine	21	5 670
			Danemark	11	2 970
			Détroits	25	6 750
			Erythrée	9	2 430
			Espagne	276	74 520
			Etats-Unis	3	810
			France	1 228	331 560
			Grèce	19	5 130
			Hollande	4	1 080
			Inde	194	52 380
			Malte	1	270
			Mexique	23	6 210
			Monténégro	6	1 620
			Pérou	4	1 080
			Roumanie	101	27 270
			Russie	120	32 400
			Suisse	217	58 590
			Tripolitaine	235	63 450
			Turquie	17	4 590
			Uruguay	184	49 680
			Venezuela	1	270
le quintal			le quintal		
1913.. Valeur 270 Lires	15 181 Lires	4 098 870	1913. Valeur 270 Lires	7 578	2 046 060
1912.. » 280	17 825	4 991 000	1912. » 280	6 602	1 865 360
1911.. » 280	21 139	5 918 920	1911. » 280	4 520	1 265 600
			Réexportation de machines importées temporairement.		
			Allemagne	177	47 790
			Angleterre	184	49 680
			Argentine	2 639	712 530
			Australie	129	34 830
			Autriche	21	5 670
			Belgique	25	6 750
			Brésil	581	156 870
			Canada	98	26 460
			Chine	21	5 670
			Détroits	25	6 750
			Espagne	218	58 860
			France	723	195 210
			Inde	192	51 840
			Roumanie	88	23 760
			Russie	4	1 080
			1913	5 125	1 383 750
			1912	4 341	1 215 480
			1911	3 144	888 320

Digitized by Google

de Turin (1911), publié des renseignements statistiques fort intéressants sur le commerce spécial du matériel électrique en Italie, arrêtés à fin 1910.

Pour combler l'intervalle écoulé entre ces statistiques de 1910 et celles de nos jours, nous publions ci-dessous divers tableaux donnant les chiffres de ce commerce spécial depuis 1911 inclusivement jusqu'au 1er octobre 1916, date des derniers documents italiens officiels parus à ce jour.

L'examen de ces chiffres donne lieu aux observations suivantes :

L'importation des machines ci-dessus, dont la quantité avait été le plus élevée en 1908, avec 53 303 quintaux métriques, est tombée progressivement jusqu'à 20 437 quintaux en 1913 et à 8 719 pour les neuf premiers mois de 1916. Comme principal pays importateur venait l'Allemagne qui, avec 26 682 quintaux en 1909, tombait à 13 987 en 1913, pour se relever avec 24 538 pour les neuf premiers mois de 1914. Quant aux acheteurs de ces dynamos italiennes, les plus forts étaient, en 1909, par ordre d'importance : l'Argentine, l'Allemagne et la France et, en 1913, la Tripolitaine, l'Argentine et le Brésil.

Le chiffre d'importation de ces machines a diminué graduellement de 24 478 quintaux en 1910, à 15 181 en 1913.

Le chiffre de l'Allemagne, la plus forte importatrice, était en 1913 inférieur de moitié à celui de 1910. Mais il était encore supérieur à celui des exportations qui ont augmenté chaque année davantage du fait des exportations ordinaires et aussi du chiffre considérable des réexportations de machines ou éléments de machines importés temporairement ayant subi une manipulation ou transformation.

TABLEAU III.

PAYS DE PROVENANCE	IMPORTATIONS		PAYS DE DESTINATION	EXPORTATIONS	
	QUANTITÉS EN QUINTAUX	VALEURS EN LIRES		QUANTITÉS EN QUINTAUX	VALEURS EN LIRES
812 Machines actionnées par des dynamos et faisant corps avec elles, d'un poids supérieur à 1 000 kg.					
Allemagne.....	328	68 880			
le quintal			le quintal		
1913.. Valeur 210 Lires	328	68 880	1913.. Valeur Lires		
1912..	200	42 000	1912..		
1911..	164	34 440	1911.. 210	35	7 350

L'Allemagne a été la seule importatrice en 1913.
Il n'y a pas eu d'exportation de 1912 à nos jours.

TABLEAU IV.

PAYS DE PROVENANCE	IMPORTATIONS		PAYS DE DESTINATION	EXPORTATIONS	
	QUANTITÉS EN QUINTAUX	VALEURS EN LIRES		QUANTITÉS EN QUINTAUX	VALEURS EN LIRES
813 Machines actionnées par des dynamos et faisant corps avec elles, d'un poids de 1 000 kg et au-dessous.					
Allemagne.....	175	47 210			
le quintal			le quintal		
1913.. Valeur 270 Lires	215	58 050	1913.. Valeur 270 Lires	40	1 080
1912.. 280	259	72 520	1912.. 280	120	3 360
1911.. 280	139	38 920	1911.. 280	120	3 360

L'Allemagne a été importatrice des 7/8 en 1913.
Il n'y a pas eu d'exportation.

Digitized by Google

TABLEAU V.

PAYS DE PROVENANCE	IMPORTATIONS		PAYS DE DESTINATION	EXPORTATIONS	
	QUANTITÉS EN QUINTAUX	VALEURS EN LIRES		QUANTITÉS EN QUINTAUX	VALEURS EN LIRES
823 Transformateurs d'électricité.					
Allemagne	7 414	1 816 430	Allemagne	23	5 635
Angleterre	136	33 320	Autriche	91	22 295
Autriche	3 717	910 665	Suisse	86	21 070
Etats-Unis	733	179 585	Belgique	37	9 065
France	148	36 260	France	42	10 290
Suisse	1 140	279 300	Espagne	103	25 235
			Brésil	552	135 240
			Colombie	9	2 205
			Tripolitaine	2	490
le quintal			le quintal		
1913.. Valeur 245 Lires	13 288	3 255 560	1913. Valeur 245 Lires	945	231 525
1912..	15 476	3 791 620	1912.	375	91 875
1911..	15 280	3 725 960	1911.	145	35 525

Les quantités de transformateurs importés ont varié de 16 778 quintaux en 1910 à 19 115 quintaux pour les neuf premiers mois de 1914. L'exportation a été peu importante.

Les principaux pays importateurs ont été : l'Allemagne, l'Autriche et la Suisse, mais en quantités moindres qu'en 1909. Le Brésil et l'Espagne ont été en 1913 les acheteurs les plus importants.

TABLEAU VI.

PAYS DE PROVENANCE	IMPORTATIONS		PAYS DE DESTINATION	EXPORTATIONS	
	QUANTITÉS EN QUINTAUX	VALEURS EN LIRES		QUANTITÉS EN QUINTAUX	VALEURS EN LIRES
824. Accumulateurs électriques et leurs parties métalliques.					
Allemagne	209	33 440	Angleterre	1	160
Angleterre	63	10 080	Argentine	60	9 600
Autriche	1	160	Australie	2	320
Belgique	1	160	Autriche	13	2 080
Etats-Unis	45	7 200	Brésil	10	1 600
France	497	79 520	Colombie	6	960
Suisse	4	640	Egypte	12	1 920
			Espagne	3	480
			France	13	2 080
			Grèce	1	160
			Inde	29	4 640
			Mexique	6	960
			Portugal	33	5 280
			Suisse	20	3 200
			Tripolitaine	26	4 160
le quintal			le quintal		
1913.. Valeur 160 Lires	820	131 200	1913. Valeur 160 Lires	235	37 600
1912..	902	144 320	1912.	190	30 400
1911..	327	53 920	1911.	517	82 720

Digitized by Google

Il a été importé, de 1909 à 1915, des quantités d'accumulateurs variant entre 600 et 1 000 quintaux par an. Quant aux exportations, qui avaient été presque nulles de 1905 à 1909, elles ont été de 400 à 600 quintaux par an depuis 1910.

La France a été, en 1913, la plus forte importatrice avec 497 quintaux, d'une valeur de lires 160 le quintal. L'Allemagne ne venait qu'après elle avec 209 quintaux. L'Argentine et le Portugal ont été en 1913 les plus forts acheteurs.

TABLEAU VII.

825 Parties détachées de machines dynamo-électriques et de transformateurs d'électricité.

Allemagne	3 094	974 610
Angleterre	617	194 355
Autriche	1 236	389 340
Belgique	53	26 695
Etats-Unis	190	59 850
France	534	168 210
Norvège	1	315
Suisse	157	49 455
1913. Valeur (le quintal 315 Lires)	5 882	1 852 830
1912.	5 953	1 875 195
1911.	5 123	1 645 245

Aden	9	2 835
Allemagne	124	29 060
Angleterre	14	4 410
Argentine	234	73 710
Autriche	28	8 820
Belgique	93	29 295
Brésil	140	44 100
Chine	6	1 890
Erythrée	1	315
Espagne	18	5 670
Etats-Unis	4	1 260
France	249	78 435
Grèce	41	12 915
Hollande	5	1 575
Mexique	2	630
Roumanie	2	630
Russie	7	2 205
Suisse	45	14 175
Tripolitaine	143	45 045
Turquie	6	1 890
Uruguay	34	4 430
1913. Valeur (le quintal 315 Lires)	1 185	373 275
1912.	1 420	435 800
1911.	594	187 110

Réexportations de pièces importées.

Allemagne	31	9 765
Angleterre	10	3 150
Argentine	109	34 335
Belgique	15	4 725
Brésil	36	11 140
Chine	6	1 890
Espagne	11	3 465
France	161	50 715
Grèce	41	12 915
1913	420	132 300
1912	348	109 620

De 3 344 quintaux importés en 1910, le chiffre des importations est passé entre 5 000 et 6 000 quintaux chacune des années 1911, 1912 et 1913.

Les exportations sont été les plus fortes depuis 1911, pour atteindre leur apogée avec 1 716 quintaux dans les neuf premiers mois de 1914. En 1913, l'Allemagne et l'Autriche avaient été les plus fortes importatrices, en progression sur 1909. Dans la même année, la France et l'Argentine ont été les acheteurs les plus importants.

Digitized by Google

TABLEAU VIII.

831 o. Ventilateurs électriques. Agitateurs d'air. Exportation 1913.

	QUINTAUX	LIRES
Allemagne	125	250 000
Angleterre	166	332 000
Argentine	2 367	4 734 000
Autriche	81	162 000
Australie	180	360 000
Belgique	5	10 000
Brésil	480	960 000
Canada	109	218 000
Chine	71	142 000
Détroits	45	90 000
Espagne	246	492 000
France	543	1 686 000
Inde	488	976 000
Roumanie	8	16 000
Turquie	4	8 000
1913	4 918	9 836 000
1912	4 909	9 818 000
1911	4 514	9 028 000
1910	3 277	6 554 000
1909	2 904	10 164 000

Cet article est le plus important, comme valeur, de l'exportation italienne, sa quantité exportée en quintaux métriques ayant progressé, chaque année, de 2 904 en 1909 à 4 918 en 1913. On ne doit pas tenir compte de la valeur plus élevée apparente de l'année 1909 : car, en cette année-là, la valorisation douanière était de 3 500 lires par quintal. Or, depuis 1910, cette valeur a été abaissée à 2 000 lires. Ces appareils ne figurent pas dans la nomenclature statistique du commerce spécial : il faut aller les chercher au tableau des marchandises importées temporairement et réexportées après avoir subi une transformation spéciale.

Les importations de ces appareils en 1911, 1912 et 1913 ont augmenté sur 1910 d'une valeur de plus d'un million de lires par an, pour décroître à partir de 1914. Les exportations, presque nulles de 1905 à 1912, ont augmenté depuis 1913 pour arriver à plus de 500 quintaux pour les neuf premiers mois de 1916. L'Allemagne, la plus forte importatrice, avait, en 1913, augmenté des deux tiers ses importations. L'Allemagne et le Monténégro ont été, la même année, les plus forts acheteurs.

Le chiffre des importations de ces appareils a été un peu stationnaire depuis 1911, comparativement aux quantités importées en 1910. L'Allemagne, la plus forte importatrice, était en progression en 1913.

Les importations ont décru depuis 1911. L'Allemagne avait été en 1913 la plus forte importatrice, mais en diminution de moitié sur son chiffre de 1909. Les exportations avaient été ou nulles ou très insignifiantes.

Les importations des lampes à incandescence ont été en progression constante depuis 1907 :

1907 — 25.872 centaines.		1911 — 76.467 centaines.	
1908 — 40.607	id.	1912 — 92.223	id.
1909 — 59.405	id.	1913 — 96.725	id.
1910 — 68.264	id.		

Mais, à partir de 1914, le chiffre s'abaisse. L'Allemagne et l'Autriche étaient les plus fortes importatrices jusqu'en 1915. On a constaté que dans les neuf premiers

TABLEAU IX.

PAYS DE PROVENANCE	IMPORTATIONS — QUANTITÉS EN QUINTAUX	IMPORTATIONS — VALEURS EN LIRES	PAYS DE DESTINATION	EXPORTATIONS — QUANTITÉS EN QUINTAUX	EXPORTATIONS — VALEURS EN LIRES
834. Appareils pour les applications de l'électricité d'un poids supérieur à 100 kg et au-dessous.					
Allemagne	6 884	2 891 280	Allemagne	91	38 220
Angleterre	244	102 480	Angleterre	2	840
Autriche	85	35 700	Autriche	22	9 240
Belgique	68	28 560	Brésil	38	15 960
Etats-Unis	614	257 880	Espagne	9	3 780
France	110	46 200	France	71	29 820
Suisse	626	262 920	Monténégro	86	36 120
Suède	6	2 520	Russie	1	420
			Suède	1	420
			Suisse	38	15 960
			Tripolitaine	36	15 120
1913.. Valeur 420 Lires	8 634	3 627 540	1913.. Valeur 420 Lires	395	165 900
1912..	6 594	2 769 480	1912..	177	74 340
1911..	7 349	3 086 580	1911..	173	72 660

Digitized by Google

TABLEAU X.

835. Appareils pour les applications de l'électricité d'un poids supérieur à 100 kg.

	Quintaux.	Lires.		Quintaux.	Lires.
Allemagne	2 860	1 086 800	Autriche	1	380
Angleterre	111	42 180	Brésil	4	1 520
Autriche	34	12 920	Suisse	2	760
Belgique	15	5 700			
Etats-Unis	292	110 960			
France	88	33 440			
Suisse	177	67 260			
1913.. Valeur 380 Lires	3 577	1 359 260	1913.. Valeur 380 Lires	7	2 660
1912..	4 950	1 881 000	1912..	73	21 740
1911..	3 629	1 379 020	1911..	20	7 600

TABLEAU XI.

836. Lampes électriques à arc.

	IMPORTATIONS			EXPORTATIONS	
Allemagne	450	220 320	Argentine	2	960
Angleterre	4	1 320	Espagne	1	480
Autriche	11	5 280	Portugal	1	480
Belgique	1	480	Tripolitaine	1	480
Etats-Unis	3	1 440			
France	40	19 200			
1913.. Valeur à 480 Lires	518	248 640	1913.. Valeur à 480 Lires	5	2 400
1912..	660	316 800	1912..	35	16 800
1911..	997	478 560	1911..	38	18 240

mois de 1916 l'Autriche a introduit en Italie 66 centaines et l'Allemagne 18 030 centaines de ces lampes. Cette anomalie, en temps de guerre, doit sans doute être attribuée à des dédouanements tardifs de marchandises

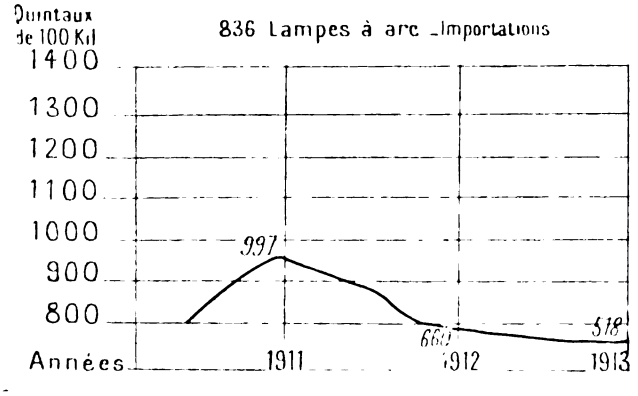


Fig. 1.

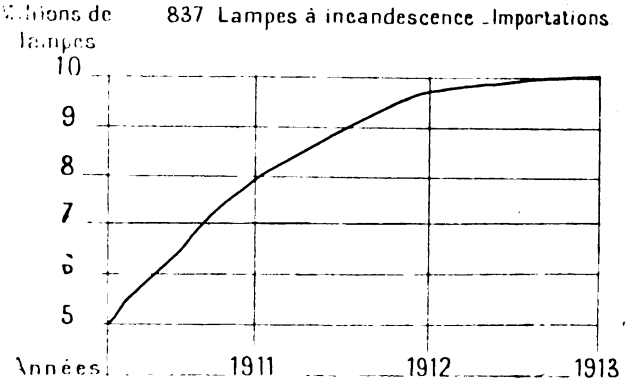


Fig. 2.

Digitized by Google

TABLEAU XII.

PAYS DE PROVENANCE	IMPORTATIONS		PAYS DE DESTINATION	EXPORTATIONS	
	QUANTITÉS EN QUINTAUX	VALEURS EN LIRES		QUANTITÉS EN QUINTAUX	VALEURS EN LIRES
837. Lampes électriques à incandescence (au cent).					
Allemagne	58 358	5 485 652	Allemagne	1 114	104 716
Angleterre	82	7 708	Angleterre	74	6 956
Autriche	25 123	2 361 562	Argentine	42	3 948
Belgique	167	15 698	Autriche	331	31 114
Espagne	90	8 460	Brésil	16	1 504
Etats-Unis	136	12 784	Chili	20	1 880
France	1 466	137 804	Colombie	4	376
Hollande	9 794	920 636	Egypte	4	376
Suisse	1 505	141 470	Erythrée	3	282
Suède	5	470	Espagne	22	2 068
			France	36	3 384
			Hollande	10	940
			Malte	4	376
			Mexique	3	282
			Suisse	21	1 974
			Tripolitaine	170	15 980
			Uruguay	2	188
1913.. Valeur 94 Lires	96 736	9 092 244	1913.. Valeur 94 Lires	1 876	176 344
1912.. 90	95 653	8 608 770	1912.. 90	1 807	162 630
1911.. 50	76 467	3 823 350	1911.. 50	1 765	88 250

importées avant les hostilités. La grande diminution subie du côté autrichien a été compensée pour la même période par une augmentation de l'importation des lampes suisses (15 583 centaines, et hollandaises (11 106 centaines). — Quant aux exportations, elles ont été, depuis 1909 jusqu'à 1913 inclusivement, d'environ 2 000 centaines par an, à destination de l'Allemagne et de l'Autriche principalement, sans doute en transit pour d'autres pays. — La valeur attribuée à ces lampes, au cent, par la Commission de valorisation douanière italienne avait été depuis 1907 de 45 lires. Cette valeur a été relevée en 1911 à 50 lires, en 1912 à 90 lires et en 1913 à 94 lires. Ces relèvements de valeurs sont dus à l'apparition sur le marché italien des lampes à filaments métalliques.

Les figures 1 et 2 ci-jointes reproduisent les courbes de diminution de l'importation des lampes à arc en Italie et celles d'augmentation de l'importation des lampes à incandescence.

Le détail de l'importation en 1913 par provenances de pays était le suivant :

L'importation de ces charbons, qui avait été en 1910 de 4 357 quintaux, s'est élevée successivement jusqu'à 14 030 pour les neuf premiers mois de 1916. Quant à l'exportation qui a été presque nulle, elle a été la plus forte 1 821 quintaux dans les premiers mois de 1914. Principaux pays introducteurs en 1913 : l'Allemagne et la France. Principal acheteur en la même année : l'Angleterre.

L'importation de ces charbons, qui avait atteint son apogée en 1913 avec 10 014 quintaux, a beaucoup décru

TABLEAU XIII.

	IMPORTATIONS 1913	
	Centaines de lampes à incandescence.	Valeur en lires.
Allemagne	58 358	5 485 652
Autriche	25 123	2 361 562
France	1 466	137 804
Hollande	9 794	920 636
Suisse	1 505	141 470
Autres pays	480	45 120
	96 726	9 092 244

depuis lors. Principaux importateurs : l'Allemagne et l'Autriche. Exportation presque nulle, sauf en 1915 (549 quintaux).

Digitized by Google

TABLEAU XIV.

915. Charbons préparés pour l'électrotechnique, fours électriques et électrodes d'usage industriel.

Allemagne	3 632	127 120	Angleterre	304	10 640
Autriche	368	12 880	Tripolitaine	100	3 500
Etats-Unis	933	32 655			
Suisse	837	29 295			
France	2 214	77 490			
1913.. Valeur 35 Lires	7 984	279 440	1913.. Valeur 35 Lires	404	14 140
1912.. 32	8 655	276 960	1912.. 32	1 867	59 744
1911.. 32	5 438	174 616	1911.. 32	1 456	46 592

TABLEAU XV.

PAYS DE PROVENANCE	IMPORTATIONS		PAYS DE DESTINATION	EXPORTATIONS	
	QUANTITÉS EN QUINTAUX	VALEURS EN LIRES		QUANTITÉS EN QUINTAUX	VALEURS EN LIRES
916. Charbons préparés pour l'électrotechnique, lampes, piles, balais de dynamos.					
Allemagne	7 317	439 620	Autriche	3	180
Angleterre	6	360	France	1	60
Autriche	2 000	120 000	Grèce	4	240
Belgique	73	4 380	Tripolitaine	1	60
France	147	8 820			
Etats-Unis	280	16 800			
Suisse	191	11 460			
1913.. Valeur 60 Lires	10 014	600 840	1913.. Valeur 60 Lires	9	540
1912.. 60	11 186	671 160	1912..	36	2 160
1911.. 60	9 879	542 740	1911..	13	780

(A suivre.)

Désiré PECTOR.

Assemblées générales

Les Exploitations électriques.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 30 JANVIER 1917.

La Société « Les Exploitations électriques », malgré les circonstances économiques défavorables, a néanmoins obtenu pendant l'exercice écoulé des résultats satisfaisants, la majeure partie des sociétés dans lesquelles elle est intéressée ayant distribué des dividendes sensiblement égaux à ceux de l'exercice précédent.

Les bénéfices d'exploitation ont atteint 2 902 503 fr contre 2 841 884 fr en 1914; le compte profits et pertes se solde par un bénéfice de 443 675 fr qui, joint au report de l'exercice précédent de 295 299 fr, laisse un disponible de 738 974 fr; mais, en raison de l'imprévu que laisse l'état de guerre, le Conseil a jugé prudent de ne reporter aucun dividende et de reporter à nouveau cette somme après prélèvement des 5 pour 100 destinés à la réserve légale.

Nous donnons ci-dessous quelques renseignements sur les sociétés dans lesquelles « Les Exploitations Électriques » sont intéressées :

Compagnie des Tramways électriques de Brest. — Le bénéfice de 143 459 fr, voisin de celui de l'année précédente qui était de 150 150 fr, a permis de distribuer un dividende de 12 fr.

Compagnie centrale de Tramways électriques. — L'ensemble des réseaux de Perpignan et Angoulême a donné un bénéfice d'exploitation de 246 094 fr contre 222 163 fr en 1914. Les bénéfices nets, y compris le report de l'exercice précédent, ont été de 198 039 fr et un dividende de 12 fr par action a été réparti.

Digitized by Google

Compagnie des Tramways de Cherbourg. — Le dividende de l'année précédente de 6 fr par action ancienne et de 5 fr par action nouvelle libérée des 3/4 a été maintenu.

Compagnie des Tramways d'Oran. — Les bénéfices nets d'exploitation, après déduction des charges sociales, ont été de 220834 fr; un dividende de 12 fr a été attribué aux actions anciennes et 3 fr aux actions nouvelles libérées de 100 fr.

Compagnie des Tramways électriques de Saint-Etienne. — La crise qui avait sévi pendant les premiers mois de la guerre sur la région a pris fin et les recettes de l'exercice ont dépassé celles de 1913, soit 521365 fr contre 496927 fr; le bénéfice d'exploitation a été de 175069 fr, et le dividende a été relevé de 2 à 3 fr par action.

Compagnie des Tramways de Bordeaux-Bouscat au Vigean et extensions. — L'augmentation des recettes d'exploitation a été de 132242 fr et celle des dépenses de 35547 fr. Il a été réparti un dividende de 12 fr par action.

Compagnie du Tramway de Bordeaux à Leognan. — Le dividende de 3,50 par action a été maintenu.

Compagnie des Tramways électriques de Bordeaux-Pessac. — Les recettes d'exploitation, en augmentation de 9883 fr, ont été de 372332 fr et les dépenses ont été de 208949 fr. Le dividende a été porté de 3,50 à 4 fr par action pour les actions libérées et de 2,65 à 3 fr pour celles libérées des 3/4.

Compagnie des Tramways électriques de Caen. — Le solde en bénéfice de l'exercice a été de 75386 fr et le dividende de 2,50 pour 100 au capital versé maintenu.

Compagnie des Tramways électriques de Châlons-sur-Marne. — Le service a dû être interrompu à deux reprises pendant un total de six mois pour des raisons militaires. Le bénéfice net de 3823 fr, en diminution de 5204 fr, joint au solde reporté de 1914 qui était de 9264 fr, laisse après prélèvement des réserves un solde de 6535 fr qui a été reporté.

Compagnie des Tramways électriques de Charleville-Mézières et Mohon. — En région envahie; aucun renseignement certain n'a été obtenu.

Compagnie des Tramways d'Eu au Tréport. — Les bénéfices nets se sont élevés à 22622 fr et le solde après prélèvements des réserves a été reporté.

Compagnie des Tramways de Montpellier. — Les recettes d'exploitation sensiblement les mêmes qui, pour l'exercice précédent, ont été de 476385 fr et les bénéfices nets d'exploitation de 127863 fr.

Le dividende de 7,50 fr par action a été maintenu.

Compagnie des Tramways électriques de Dijon. — Le bénéfice net d'exploitation de 221779 fr présente une augmentation de 42394 fr, et un dividende de 13 fr par action a été maintenu.

Compagnie des Tramways de Lorient. — Le solde du compte profits et pertes, se montant à 2489 fr après déduction de 5 pour 100 à la réserve légale, a été reporté.

Compagnie des Tramways de Tours. — L'exercice présente un solde déficitaire de 85295 fr; la Compagnie a demandé au département un relèvement de temps.

Compagnie des Tramways à vapeur (Tours à Vouvray). — Le bénéfice de 8576 fr a été reporté à nouveau, attribution faite de 5 pour 100 à la réserve légale.

Compagnie des Tramways électriques de Besançon. — Le bénéfice de 23202 fr a permis la distribution d'un dividende de 2 pour 100 aux actions de priorité.

Compagnie des Tramways de Nimes. — Le bénéfice d'exploitation de 114520 fr présente une plus-value de 3460 fr, et le dividende de 10 fr par action a été maintenu.

Compagnie des Tramways électriques de Béziers et extensions. — Les bénéfices de 46544 fr sont en diminution de 5356 fr, et le solde disponible de 3938 fr a été reporté à nouveau.

Société d'Electricité de la Picardie. — La hausse exorbitante du prix du charbon a mis en déficit l'exploitation de l'usine à gaz d'Eu, et une demande en relèvement de tarifs a été introduite devant le Conseil de préfecture qui a ordonné une expertise.

La Société a poursuivi la construction de la station centrale d'Abbeville et des réseaux, et, entre temps, a dû louer une usine à Dieppe pour satisfaire à ses contrats de fourniture d'énergie.

Société Bretonne d'Électricité. — L'usine du Blanc a été mise en service le 1er novembre et assure l'énergie aux tramways de Lorient et à divers industriels de la ville. D'autres contrats sont en préparation.

Nous donnons ci-dessous le bilan, au 31 juillet 1916, de la Société « Les Exploitations électriques ».

BILAN AU 31 JUILLET 1916.

Actif.

	fr
Actionnaires	193 411,30
Obligations à la souche	10 540 000 »
Portefeuille et participation	31 513 785,06
Frais de constitution et augmentation de capital	1 »
Mobilier et installation des bureaux	1 »
Caisses, banques et débiteurs divers	10 199 005,30
Droits de transmission et taxe sur le revenu	25 393,62
Comptes d'ordre débiteurs (titres en dépôt)	341 583,60
	42 714 180,88

Passif.

		fr
Capital :		
50 000 actions de 250 fr chacune		12 500 000 »
1 000 parts de fondateurs (pour mémoire)		
Obligations :		
1re série 4 1/2 pour 100	306 000 »	
moins obligations remboursées	2 500 »	
		303 500 »
3e série 5 pour 100	12 500 000 »	
moins oblig. remb. ou annulées	138 000 »	
		12 362 000 »
Réserve légale		86 072,14
Provision pour éventualités diverses		500 000 »
Versements restant à effectuer sur titres et participations		2 323 675 »
Créanciers divers		13 598 675,67
Coupons à payer et obligations à rembourser		121 489,42
Droits de transmission et impôts sur le revenu (obligations)		8 210,76
Compte d'ordre créditeurs (titres en dépôt)		341 583,60
Profits et pertes :		
Report du solde des bénéfices de l'exercice 1914-1915		295 299,04
Solde en bénéfice de l'exercice 1915-1916		443 675,25
		42 714 180,88

Digitized by Google

SECTION DE LÉGISLATION

La réglementation des salaires pour les fabrications de guerre

A propos de cette réglementation, qui a été exposée dans la « Revue générale de l'Electricité » du 24 février, t. I, p. 317, M. Marcel Meyer, président du Syndicat des Industries électriques, nous communique la lettre suivante :

25 février 1917.

A Monsieur le ministre de l'Armement et des Fabrications de guerre.

Monsieur le ministre,

Conformément à l'avis qui a été donné par la Commission mixte de votre ministère, devant laquelle nous avons été convoqués le 15 février courant, en même temps qu'un certain nombre d'autres syndicats, nous avons l'honneur de vous soumettre les notes suivantes relatives à la *Réglementation des salaires* dans l'industrie électrique de la région de Paris.

D'une part, nos adhérents constructeurs de gros matériel et d'appareillage électrique ont dressé un barème des salaires des ouvriers et ouvrières travaillant dans leurs ateliers à la fabrication des armements, munitions et matériels de guerre, en s'inspirant du tarif minimum de base indiqué à votre décision en date du 16 janvier 1917. Nous avons l'honneur de vous adresser ce barème qui s'applique exclusivement aux ouvriers et ouvrières adultes, étant entendu que les salaires des jeunes gens et jeunes filles âgés de moins de dix-huit ans restent en dehors de la réglementation.

D'autre part, nos adhérents constructeurs de câbles, d'appareils téléphoniques, de piles et d'accumulateurs, de lampes électriques, ont émis l'avis que la présentation de propositions relatives aux salaires de leur personnel était sans objet, la réglementation étant, d'après les termes mêmes de votre décision, seulement applicable aux usines qui travaillent à la fabrication des armements, munitions et matériels de guerre et qui sont placées sous le contrôle de votre ministère.

Ils estiment que l'assimilation de leurs ateliers à ces usines ne paraît justifiée ni par la nature des articles qu'ils fabriquent et qui sont de commerce courant, ni par le fait de leurs fournitures intéressant la Défense nationale. Ces fournitures, en effet, quoique importantes, ne constituent pas l'élément principal de leur production, et sont, en outre, destinées en même temps qu'aux services et établissements dépendant de votre ministère, à ceux dépendant de toutes les autres administrations publiques et notamment de la marine et de la guerre (intendance, service de santé, etc.).

En ce qui concerne, en particulier, les fabriques de lampes électriques qui travaillent pour le commerce en même temps que pour la guerre, elles ont continué à assurer leur fabrication normale avec le même personnel composé de tout temps, dans son immense majorité, de femmes sans qualification professionnelle spéciale, et rémunéré sur la base de salaires parfaitement stables et déterminés; ces salaires, qui ont naturellement bénéficié du relèvement général actuel, ne donnent lieu jusqu'à ce jour à aucune réclamation. Ces fabriques se trouvent, à cet égard, dans une situation absolument analogue aux fabriques qui occupent normalement et presque exclusivement du personnel féminin, telles que celles qui travaillent pour l'intendance et le service de santé.

L'application à ces professions de la réglementation des salaires des usines de guerre, alors qu'elles ne bénéficient pas des mêmes avantages au point de vue de la main-d'œuvre et des approvisionnements, entraînerait une perturbation profonde des conditions actuelles et une majoration des dépenses de main-d'œuvre qui affecterait gravement ces industries et déterminerait, en ce qui les concerne, une impossibilité de lutte contre les importations étrangères sur lesquelles les pouvoirs publics ont eu récemment l'occasion d'appeler notre attention.

Veuillez agréer, Monsieur le ministre, l'hommage de notre haute considération.

Le Président du Syndicat professionnel des Industries électriques,

Signé : M. MEYER.

Législation, jurisprudence, réglementation

Loi sur les avances remboursables consenties aux industriels pour les besoins de la défense nationale.

Le « Journal officiel » du lundi 29 janvier 1917, n° 28, publie à la page 850 le texte de la loi du 27 janvier 1917 sur les avances remboursables consenties à des industriels travaillant pour la défense nationale et que nous avons déjà analysée dans nos précédents numéros (1).

(1) *R. G. E.* du 6 janvier 1917, n° 1, t. I, p. 40 et du 3 février, n° 5, t. I, p. 200.

Notification de l'adhésion de la Suède à la convention signée à Washington, le 2 juin 1911, pour la protection de la propriété industrielle.

Le Conseil fédéral suisse a notifié au gouvernement de la République française l'adhésion de la Suède à la convention signée à Washington, le 2 juin 1911, convention modifiant la convention de Paris du 20 mars 1883 pour la protection de la propriété industrielle, revisée à Bruxelles le 14 décembre 1900.

En ce qui concerne sa contribution aux frais du bureau

Digitized by Google

international, la Suède reste rangée dans la troisième catégorie.

Cette notification a été publiée au « Journal officiel » du 31 janvier 1917, p. 895.

Projet de loi approuvant une convention pour la protection de la propriété industrielle en Chine.

Le Sénat, dans sa séance du 26 janvier, a adopté un projet de loi, adopté par la Chambre des députés, comprenant un article unique dont nous donnons ci-dessous le texte et qui a été inséré au « Journal officiel » du 27 janvier 1917, page 69.

Article unique. — Le Président de la République est autorisé à ratifier et, s'il y a lieu, à faire exécuter la convention franco-suédoise signée à Paris, le 31 janvier 1916, pour la protection réciproque, en Chine, des marques de fabrique, brevets, dessins et droits d'auteur.

Une copie authentique de cet arrangement demeurera annexée à la présente loi.

Proposition de loi relative à l'avance de l'heure légale pendant la période d'été.

Le « Journal officiel » du 22 février 1917, annexe n° 2945, donne, dans le compte rendu de la séance de la Chambre des députés du 18 janvier 1917, le rapport fait au nom de la Commission de l'Enseignement et des Beaux-Arts par M. Malavialle, député, sur la proposition de loi ayant pour objet l'avance de l'heure légale pendant la période d'été; M. Malavialle, dans ce rapport, fait l'historique de la question et étudie les différents avantages du projet. Il s'appuie sur les résultats obtenus pendant la période d'essais du 15 juin 1916 au 30 septembre 1916, pour donner, au nom de la Commission, un avis favorable à la proposition de loi de M. Honnorat ainsi conçue :

Article premier. — Chaque année, pendant une période comprise entre le premier dimanche d'avril et le dernier dimanche de septembre, l'heure légale en France et en Algérie sera celle qui est fixée par la loi du 3 mars 1911 avancée d'une heure.

Art. 2. — Pendant la durée de la guerre, la période d'application des dispositions de l'article 1er ci-dessus peut être modifiée par un décret.

Le « Journal officiel » du 22 février 1917, annexe n° 2921, donne également l'avis présenté, dans la séance de la Chambre des députés du 24 janvier 1917, au nom de la Commission du budget, sur la même proposition de loi, par M. Bouffandeau, député. M. Bouffandeau fait remarquer que, quoique l'enquête faite relativement aux résultats obtenus pendant la période d'essai, du 15 juin 1916 au 30 septembre 1916, soit partielle et fragmentaire, la réforme de l'heure légale a provoqué des économies incontestables sans présenter d'inconvénients réels. Il conclut donc à l'adoption de la proposition de loi.

Proposition de résolution concernant la création d'usines hydro-électriques.

Le « Journal officiel » du 22 février 1917 contient dans les documents parlementaires de la Chambre, annexe n° 2945, le rapport fait par M. Margaine, député, le 1er février 1917, au nom de la Commission des Travaux publics, des Chemins de fer et des Voies de communication, chargé d'examiner la proposition de résolution de M. Queuille et plusieurs de ses collègues invitant le gouvernement à créer le plus rapidement possible, en particulier dans le Massif Central, des usines hydro-électriques. La Commission modifie la première partie de la proposition, adhère à la seconde partie et soumet à l'approbation de la Chambre le texte définitif suivant :

Proposition de résolution. — La Chambre invite le gouvernement :

1° A activer les études des installations de force hydraulique dans le Massif Central et les amener, sans tarder, au même point où en sont celles entreprises dans les Alpes et dans les Pyrénées;

2° A encourager, par tous les moyens possibles, la création de chutes d'eau sur tout le territoire national ;

3° A donner des facilités spéciales et même des avances et des subventions aux communes et aux départements qui, pendant la guerre, créeront des usines ;

4° A se conformer, dans l'établissement des travaux à entreprendre dans le Massif Central, aux conclusions des Commissions des inondations du bassin de la Loire, formulées dans leurs rapports adressés au ministère à la suite des études prescrites par lui et à hâter l'achèvement de leurs programmes.

M. Monestier, député, a présenté le 21 février (« Journal officiel » du 6 mars 1917, annexe 3024) l'avis de la Commission du budget relatif à cette proposition de résolution. La Commission du budget émet un avis favorable et propose après accord avec M. le ministre des Finances et M. le ministre des Travaux publics de libeller comme il suit le 3° et le 4° de la proposition de résolution.

3° A donner, quand il y aura lieu, des facilités spéciales et même des avances et des subventions aux communes et aux départements qui, pendant la guerre, créeront des usines.

4° A tenir compte, dans l'établissement des travaux à entreprendre dans le Massif Central, des études faites ou à faire par les Commissions des inondations du bassin de la Loire.

Le « Journal officiel » du 23 février 1917, séance de la Chambre des députés du 22 février 1917, fait connaître que la proposition de résolution précédente a été mise aux voix et adoptée.

Proposition de loi tendant à prescrire la publication de la liste des mobilisables en sursis.

Le « Journal officiel » du 1er mars 1917, annexe n° 2998, séance de la Chambre du 13 février 1917, donne l'exposé des motifs et le texte d'une proposition de loi tendant à prescrire la publication de la liste des mobilisables en sursis, présentée par MM. Augagneur, Colliard, Pierre Rameil, Bergeon, de Kerguézec, députés.

Dans la pensée des auteurs de la proposition de loi celle-ci aurait pour effet d'éviter des mises en sursis injustifiées.

Garantie de l'Etat en matière d'assurance contre les risques maritimes de la guerre.

Le « Journal officiel » du 1er mars 1917, annexe 3004, séance de la Chambre du 13 février 1917, donne le rapport fait au nom de la Commission de la Marine marchande, chargée d'examiner le projet de loi relatif à la garantie de l'Etat en matière d'assurance contre les risques maritimes de la guerre par M. César Trouin, député, et qui conclut à l'adoption du projet de loi suivant :

Article unique. — Est abrogée la limite maximum de 5 pour 100 prévue à l'article 10 de la loi du 10 avril 1915.

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

1re Année. — Tome I. — N° 12. — 24 Mars 1917.

Chronique. — La Foire de Lyon. — Sur les tubes à rayons X. — La réception de M. E. Reumaux à l'Ecole des Mines. — Conservatoire des Arts et Métiers. — Le prix Bressa, p. 441 et 442.

Section scientifique et technique. — Sur la forme de la décharge électrique dans les tubes à rayons X, par A. Dauvillier, p. 443. — Revues, analyses et informations : La mise en parallèle des stations génératrices, par M. J.-S. Peck, p. 453; La téléphonie à grande distance, p. 454.

Section industrielle. — De la fabrication des appareils d'éclairage artistiques, par G. Poux, p. 457. — Sur l'éclairage artificiel des ateliers, par Maurice Leblanc fils, p. 461. — La Foire de Lyon, p. 464. — Revues, analyses et informations : Le développement de la puissance hydraulique et l'avenir des réseaux de distribution en Amérique, p. 466; Croissance et amortissement, p. 468.

Section économique et financière. — Commerce de l'Italie en matériel électrique, d'après les statistiques douanières de ce pays *(fin)*, par Désiré Pector, p. 471. — Revues, analyses et informations : Projets de création de banques par les nations alliées, p. 476; Notes économiques sur l'Allemagne, par F. Loppé, p. 477. — Assemblées générales : Constructions électriques de Nancy, p. 478. — Omnium français, p. 478.

Section de législation. — Législation, jurisprudence, réglementation : Décret relatif à la réception des signaux radioélectriques, p. 479; Les responsabilités des accidents de travail, p. 479; Arrêté relatif à la taxation des charbons français, p. 480; Constatation et évaluation des dommages résultant des faits de guerre, p. 480.

La Foire de Lyon. — L'ouverture de la deuxième Foire de Lyon a eu lieu le 18 mars : elle a été couronnée d'un plein succès.

Il était à craindre que vu, les difficultés de plus en plus croissantes que rencontrent journellement nos industriels et, en raison des mesures incohérentes qui ne font qu'entraver l'essor économique, l'industrie française se désintéressât de l'exposition économique de Lyon. Cette crainte n'était pas justifiée, car sur 2 320 adhérents, la France y figure pour une participation de 2 169 exposants.

Nos alliés se sont ingéniés à témoigner leurs sympathies à notre pays par une adhésion importante de leurs industries les plus prospères.

L'Angleterre est représentée par les manufacturiers de Manchester, Londres, Liverpool, Birmingham. L'Italie a envoyé une centaine d'exposants de diverses catégories. La Russie, même, a tenu, malgré son éloignement, à apporter ses contributions, par l'intermédiaire de la Chambre de commerce franco-russe de Kharkoff.

L'ouverture a été accompagnée, selon les traditionnelles habitudes françaises, de plusieurs discours officiels, M. Lignon, président du Comité de la Foire de Lyon; M. Coignet, président de la Chambre de commerce de Lyon; M. Hoffer, adjoint au maire de Lyon, dans leur bienvenue aux exposants, ont exprimé leur satisfaction de la brillante réussite de cette seconde Foire.

Le 25 mars aura lieu, sous la présidence de M. Herriot, maire de Lyon, assisté de M. Th. Laurent, administrateur directeur général de la Compagnie des Forges et Aciéries de la Marine et d'Homécourt, un Congrès des Industries minières et métallurgiques dont l'exposé sera présenté par M. Robert Pinot, secrétaire général du Comité des Forges de France et de l'Union des Industries métallurgiques et minières.

Sur les tubes à rayons X. — Le présent numéro contient une étude expérimentale très détaillée de M. Dauvillier sur la forme de la décharge dans les tubes Coolidge et les tubes à afflux cathodique. Au point de vue pratique, l'auteur estime pouvoir tirer de son travail les conclusions suivantes :

Ces résultats obtenus montrent le grand intérêt que l'on aurait dans la technique à utiliser uniquement une tension constante pour l'alimentation des tubes. Le schéma de la figure 1 montre qu'il est possible de transformer pour cela toute installation à haute tension en y adjoignant un condensateur et un tube Coolidge fonctionnant en soupape. La solution industrielle est donnée par un transformateur statique double, de préférence élévateur de fréquence, chargeant un condensateur à travers un kénotron à deux anodes à la manière des redresseurs à vapeur de mercure. Nous avons ainsi allumé un tube Coolidge, sans précautions spéciales, sous une tension statique atteignant 160 kv et un tube Chabaud jusqu'à 140 kv : ce dernier demeurait très stable mais il dû être isolé à l'huile d'une façon toute particulière.

L'extrême intérêt de ces hautes tensions combinées avec

Digitized by Google

l'emploi de faisceaux cathodiques homogènes réside en ce fait que l'on obtient alors un rayonnement extrêmement intense et particulièrement riche en radiations de courtes longueurs d'onde, comme nous avons pu le vérifier par une analyse spectrale directe effectuée par la méthode de M. de Broglie et par des expériences d'absorption dans l'aluminium en utilisant pour la mesure de l'intensité globale du spectre une cellule de sélénium ou des pastilles de Babouraud-Noiré.

Le premier gain obtenu est la suppression du temps perdu qui existe entre les décharges fournies par les bobines ou les contacts tournants. Un tube Coolidge donne ainsi une intensité de courant de trois à cinq fois plus élevée que sous une tension variable, à égalité de tensions maximum, et cela d'autant plus que la tension de régime est plus haute, alors que la valeur du débit avec des ondes de bobine est indépendante de la tension maximum de la pointe.

Avec un tube à afflux résistant, le gain est du même ordre, mais il tend vers l'infini lorsque le tube est mou et qu'aucune résistance n'est interposée (caractéristique statique en décharge continue).

Le second gain est que, en supprimant les formes compliquées des ondes, on rend facile la mesure, par ses facteurs, de l'énergie dépensée dans le tube et qu'il est alors possible de se replacer toujours dans des conditions identiques au point de vue du rayonnement — fait capital en radiothérapie.

Le troisième est que l'emploi d'un faisceau cathodique homogène augmente beaucoup la *qualité* de l'énergie dépensée dans l'anticathode. Tous les électrons animés de la même vitesse ont théoriquement la plus grande probabilité d'engendrer des radiations X de même et de plus courte longueur d'onde. Des mesures spectrométriques nous ont permis de vérifier cette hypothèse et des mesures globales d'intensité nous ont montré que le même tube Coolidge dans lequel étaient dépensés, par exemple, 82 w (82 kv × 1 milliampère) dans un faisceau cathodique homogène, donnait le même rayonnement global que lorsqu'il était alimenté par décharges de bobine (82 kv maximum, 3 milliampères moyens). Or il était facile de voir, à la température de l'anticathode, que l'énergie dépensée dans le faisceau cathodique était encore supérieure à 82 w. De plus, des mesures effectuées en filtrant le rayonnement par 3 mm d'aluminium ont décelé une plus grande richesse en rayons pénétrants dans le premier cas que dans le second.

Des applications pratiques, par exemple à la radiographie rapide, en découlent immédiatement : ainsi un cliché parfait de crâne sec est obtenu sous la tension statique de 125 kv avec 20 milliampères par seconde, alors qu'il en faut 900 avec un contact tournant fournissant des rayons 5° Benoist. La radiométallographie pourrait sans doute bénéficier de ces enseignements (économie de temps, puissance d'analyse plus grande).

La réception de M. E. Reumaux à l'Ecole des Mines. — Dimanche dernier a eu lieu, à l'École des Mines de Paris une imposante et émouvante cérémonie : les anciens élèves de l'École souhaitaient la bienvenue à l'un des leurs, M. Elie Reumaux, directeur général des Mines de Lens, tout récemment mis en liberté par les Allemands qui le retenaient comme otage depuis le début des hostilités.

Les électriciens n'ignorent pas que, sous l'habile direction de M. Reumaux, la Compagnie des Mines de Lens a été une des premières entreprises minières où l'énergie électrique a été produite et utilisée aux travaux du fond et de la surface. Les ingénieurs qui ont participé à l'excursion dans le Nord, organisée il y a quelques années par la Société internationale des Électriciens et la Société des Ingénieurs civils, ont pu admirer la magnifique usine créée à Pont-à-Vendin pour utiliser les gaz de four à coke à la production de l'énergie électrique, en partie livrée sous 45 000 v à la Compagnie électrique du Nord, dont le Conseil d'administration est présidé par M. Reumaux. Ils ont également pu, à l'occasion de cette excursion, examiner les plans des grandioses installations métallurgiques que la Compagnie des Mines de Lens se proposait de créer dans le voisinage de l'usine électrique, installations où l'on avait prévu les applications les plus diverses de l'électricité et qui étaient sur le point d'être mises en service lors de l'invasion.

La « Revue générale de l'Électricité » se croit donc autorisée à se joindre aux anciens élèves de l'École des Mines pour présenter à M. Reumaux, au nom des électriciens, ses félicitations les plus vives pour l'admirable courage civique qu'il n'a cessé de montrer, malgré les dangers courus, pendant sa longue captivité.

Conservatoire des Arts et Métiers. — Dans sa séance du 26 février, l'Académie des sciences a élu M. Emile Picard comme membre du conseil d'administration du Conservatoire des Arts et Métiers.

A la même séance, MM. H. Le Chatelier et M. Lecornu ont été désignés pour faire partie de la Commission technique du laboratoire d'essais du Conservatoire des Arts et Métiers.

Le prix Bressa. — L'Académie royale des sciences de Turin, se conformant aux dispositions testamentaires du docteur César-Alexandre Bressa, annonce que le XXI[e] prix Bressa sera attribué au savant, à quelque nation qu'il appartienne, lequel, durant la période quadriennale de 1915-1918, « au jugement de l'Académie des sciences de Turin, aura fait la découverte la plus importante et la plus utile, ou qui aura produit l'ouvrage le plus célèbre en fait de sciences physiques et expérimentales, histoire naturelle, mathématiques pures et appliquées, chimie, physiologie et pathologie, sans exclure la géologie, l'histoire, la géographie et la statistique ».

La somme fixée pour ce prix, la taxe de l'imposition mobilière déduite, sera de 9000 lires.

Quiconque voudra attirer l'attention de l'Académie sur ses travaux pourra les adresser au Secrétariat de l'Académie avant le 31 décembre 1918. Les ouvrages devront être imprimés et ne seront pas rendus. On ne tiendra aucun compte ni des manuscrits ni des travaux dactylographiés.

L'Académie décerne le prix à celui des savants qu'elle en juge le plus digne, bien qu'il n'ait pas envoyé ses ouvrages à l'Académie.

Aucun des membres associés nationaux, résidants ou non résidants, de l'Académie de Turin ne pourra obtenir ce prix.

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

Sur la forme de la décharge électrique dans les tubes à rayons X

L'auteur a fait une étude expérimentale très complète, au moyen d'un oscillographe bifilaire de Blondel, des caractéristiques de fonctionnement des tubes à rayons X : tube Coolidge à pure émission électronique et tube à afflux cathodique. Le premier donne des courbes très différentes, pour le courant et la tension, suivant la température de la cathode. Sa caractéristique dynamique montre un phénomène d'hystérésis marqué ; mais, sous tension constante, il y a production de rayons X, continue et constante. Le primaire est alimenté successivement par du courant alternatif, ou du courant redressé, ou du courant continu à tension constante. Si l'on applique les mêmes moyens d'excitation à un tube à afflux cathodique, du type Pilon, par exemple, en série avec une soupape Villard, on constate, dans l'oscillogramme de la tension, le phénomène de discontinuité caractéristique des rayons cathodiques, quand la pression résiduelle est faible ; aux pressions plus élevées, la décharge est analogue à celle du tube Coolidge. Les tubes à afflux cathodique présentent presque constamment un phénomène d'hystérésis : leur état et leur fonctionnement peuvent être précisés par la considération d'une caractéristique statique.

Ce travail a été entrepris pour préciser les conditions de fonctionnement des tubes employés dans la technique et a été effectué au moyen d'un oscillographe Blondel, obligeamment prêté par M. Turpain, professeur à la Faculté des Sciences de Poitiers. Les équipages bifilaires de cet appareil étaient intercalés dans le circuit du tube, l'un des pôles du générateur à haute tension étant relié à la terre.

La sensibilité de ces galvanomètres qui correspond, en effet, à un déplacement du spot lumineux d'environ 0,3 mm par milliampère, est de l'ordre de grandeur de l'intensité habituellement dépensée dans les tubes, celle-ci variant de quelques millièmes à quelques centièmes d'ampère. En outre, la fréquence propre de vibration des équipages étant de 7 000 oscillations simples par seconde, se trouvait par conséquent suffisante pour le but poursuivi. On a ainsi étudié successivement le mode de fonctionnement du tube Coolidge, puis de tubes ordinaires à afflux cathodique, d'abord sous les tensions variables que fournissent les bobines d'induction, puis sous une tension alternative ou semi-alternative et enfin sous une tension constante.

Le schéma ci-contre (fig. 1) montre le dispositif adopté pour l'enregistrement photographique simultané de l'intensité du courant traversant le tube et de la tension existant entre ses bornes. Le secondaire S du générateur à haute tension débite sur un circuit comprenant un condensateur C, susceptible de supporter une tension continue atteignant 100 kv et présentant une capacité de quelques millièmes de microfarad ; il est disposé en série avec un tube Coolidge K faisant office de soupape. Le condensateur se charge ainsi en présentant une polarité constante. Le tube étudié T est alimenté par ce condensateur à travers une forte résistance liquide R, régularisant le débit [1] ; le courant traverse ensuite un équipage bifilaire E_1 de l'oscillographe, dont un pôle est mis à la terre t pour éviter des décharges à la masse, elle-même reliée au sol, de l'appareil. Une grande résistance liquide R' sans self-induction, de l'ordre de 10^5 ohms, montée en dérivation sur le tube, laisse passer de la même manière, dans le deuxième équipage E_2, un courant dont l'intensité est à chaque instant proportionnelle à la tension existant aux bornes du tube. Enfin, l'intensité moyenne du courant traversant celui-ci est mesurée au moyen d'un milliampèremètre à cadre mobile A' et la tension maximum aux bornes, par la longueur de l'étincelle obtenue entre des boules polies E de 50 mm de diamètre, d'après les tables de Villard pour les tensions statiques [1] et d'après celles de Steinmetz [2], pour les tensions variables.

La constance de la tension d'alimentation est déterminée par la fréquence du courant de charge, la capacité du condensateur et l'intensité du courant qu'il débite. Le calcul montre que, si le générateur est une bobine fournissant 100 forces électromotrices d'induction directes par seconde, la tension d'un condensateur de 10^{-2} microfarad étant de 50 kv, un débit moyen presque constant de 10 milliampères correspondra à une chute de tension de 20 pour 100 pendant les périodes de repos du générateur.

Cette chute diminue naturellement lorsque la tension de régime augmente et lorsque le débit dans le tube diminue. Ainsi, un courant de 1 milliampère débité sous 100 kv ne produit plus, dans ces conditions, qu'une chute ne dépassant pas 1 pour 100. Le tube fonctionne alors sensiblement comme sur une batterie d'accumulateurs à haute tension.

Avant d'examiner la forme de décharge dans les tubes, il semble tout d'abord utile de préciser la forme de la force électromotrice d'induction que présentent, au secondaire, les puissantes bobines utilisées aujourd'hui.

[1] Le principe de ce montage a été indiqué par M. Villard pour alimenter des tubes à rayons cathodiques. « Les rayons cathodiques », p. 7.

[1] *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 1911.
[2] *Proc. Amer. Inst. Elect. Eng.* 1898.

Digitized by Google

Celle-ci peut s'obtenir en relevant à l'oscillographe à fer doux la force électromotrice qui existe aux bornes du primaire, la valeur secondaire étant égale, à chaque

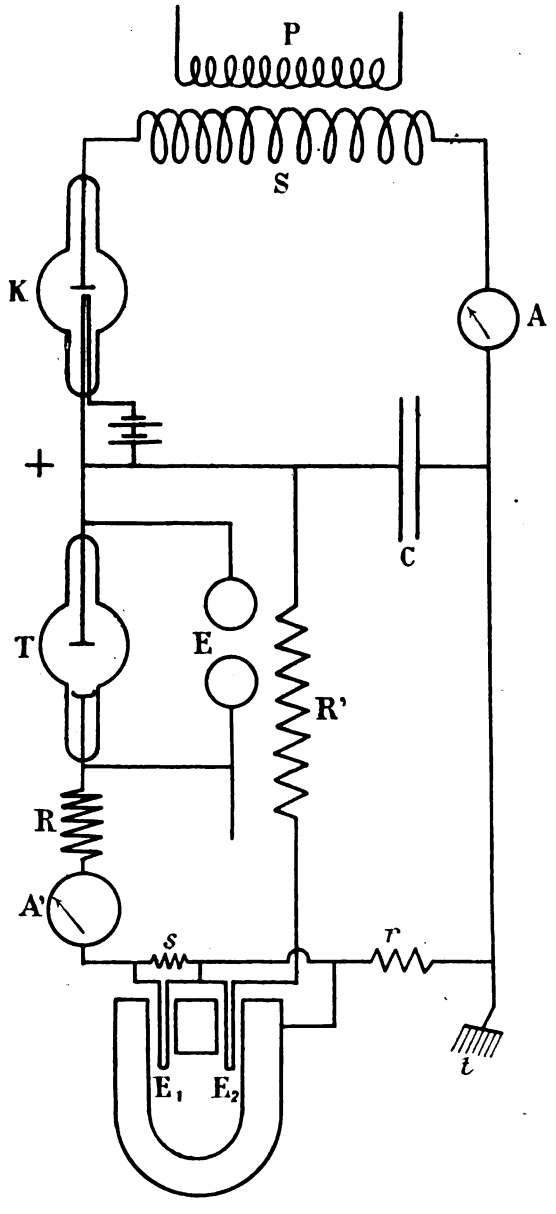


Fig. 1. — Dispositif pour l'enregistrement photographique de l'intensité du courant traversant un tube à rayon X et de la tension aux bornes. A et A', milliampèremètres; P, primaire de la bobine; S, secondaire; K, tube Coolidge fonctionnant en soupape; T, tube étudié; R, résistance régulatrice (tube à afflux); E, éclateur à boules; R' résistance du circuit des kilovolts; C, condensateur; E_1, équipage d'oscillographe bifilaire des milliampères; E_2, équipage d'oscillographe bifilaire des kilovolts.

instant, à la valeur primaire multipliée par le coefficient de transformation (de 150 à 300) de la bobine. La courbe classique est donnée par la figure 2 (cliché n° 43) obtenue de cette manière, le secondaire restant ouvert; on y voit des oscillations de faible fréquence et de grande amplitude engendrées par la décharge oscillante du condensateur de Fizeau. De plus, à la fermeture, des oscillations de beaucoup plus haute fréquence se superposent à la courbe; elles sont engendrées, par induction dans le primaire, par une décharge oscillante produite dans le secondaire et due à la petite capacité que présente ce circuit. On peut remarquer que la force électromotrice d'induction inverse a une cause surtout oscillatoire, la

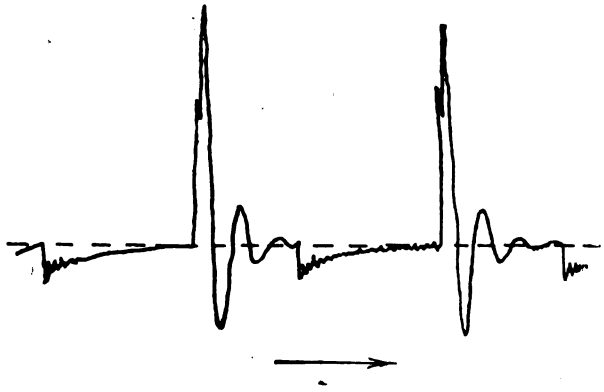


Fig. 2. — Tension aux bornes du primaire d'une bobine d'induction, le secondaire étant en circuit ouvert. Echelle : 20 v par millimètre. Fréquence du phénomène : $N = 50$ p : sec.

force électromotrice de fermeture étant relativement faible. Lorsqu'on supprime la capacité primaire, on obtient une rupture beaucoup moins franche et on diminue l'amplitude des oscillations en augmentant leur fréquence, la capacité à la rupture n'étant jamais nulle. La force électromotrice inverse, très diminuée, est alors également due à la force électromotrice de fermeture et aux oscillations.

Si maintenant le secondaire débite de l'énergie sur une résistance ohmique, par exemple, les oscillations de la tension secondaire sont rapidement amorties en même temps que leur fréquence augmente, la self-induction du primaire étant contrebalancée par l'induction mutuelle (due au courant secondaire et à l'accouplement serré des deux circuits). Les quantités d'électricité débitées dans les deux sens sont alors égales et de signes contraires comme le montre la figure 3, qui

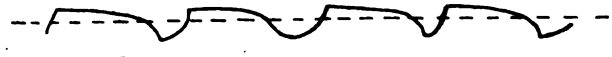


Fig 3. — Tension aux bornes du secondaire débitant sur une grande résistance ohmique sans self-induction. $N = 100$ p : sec.

représente l'intensité du courant débité par le secondaire sur une résistance non inductive de l'ordre de 10^7 ohms, le débit en court-circuit ayant d'ailleurs sensiblement la même forme. Nous verrons que l'insertion d'un tube Coolidge abolit complètement le courant inverse, mais que la forme du courant direct se retrouve inaltérée; le tube se comporte comme une résistance ohmique ou plutôt comme un arc long; au contraire, le

Digitized by Google

débit sur un tube à vide ordinaire se montrera entièrement différent.

I. — **Tubes Coolidge.** — On sait que le principe du fonctionnement de ces tubes repose sur le phénomène de l'émission d'électricité négative par un métal porté à l'incandescence dans un vide presque absolu (la pression résiduelle est de l'ordre de 10^{-7} mm de mercure). La cathode consiste en une petite lampe électrique à incandescence disposée de telle sorte que le flux d'électrons qui s'en échappe soit dirigé, par le champ électrique (créé par la tension appliquée), sur une anticathode massive de tungstène fondu.

L'absence d'ions en proportion notable fait que l'intensité du courant traversant le vide ne dépend, dans une large mesure, que de la température du filament cathodique. Cette intensité et la tension appliquée aux bornes se comportent donc sensiblement comme deux variables indépendantes.

Ceci explique la grande simplicité de la décharge que nous allons observer. Lorsque la tension appliquée peut changer de sens, le tube se comporte comme une soupape parfaite, aucune émission d'électricité négative ne pouvant s'effectuer sur l'anticathode froide ou portée à une faible incandescence ; la force électromotrice d'induction inverse présentée par la bobine, ou l'alternance inverse d'une force électromotrice sinusoïdale d'une fréquence quelconque, ne donnent lieu à aucun courant.

Dans les expériences suivantes, un tube Coolidge était alimenté directement par le secondaire d'une bobine. La cathode du tube étant portée à la plus haute température possible, la résistance électrique du vide devient très faible ; le secondaire se trouve alors sensiblement en court-circuit. La figure 4 montre la forme du courant

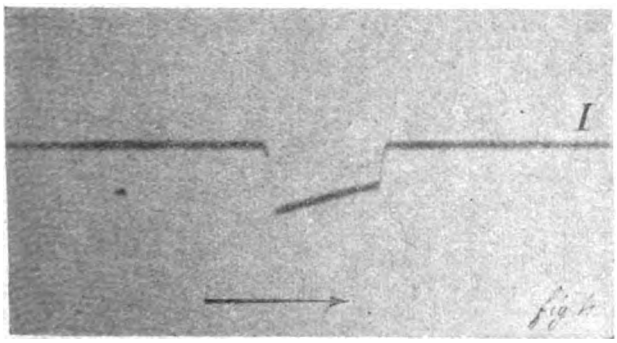


Fig. 4. — Tube Coolidge fonctionnant en soupape sur bobine sans condensateur. Intensité. Échelle 0,3 mm par milliampère. Tension maximum : $V_{max} = 9$ kv. Intensité moyenne : $I_m = 10$ milliampères ; $N = 30$ p : sec.

relevée dans ces conditions en supprimant le condensateur de Fizeau.

Avec ce condensateur, on obtient (fig. 5) des oscillations à la rupture, analogues à celles que nous avons indiquées plus haut à propos du débit du secondaire sur une résistance ohmique sans self-induction ou un arc. La courbe supérieure indiquant la valeur de la tension lorsque le tube est éteint, on voit que sa chute à haute intensité est très grande et que la tension inverse de fermeture a conservé la même valeur.

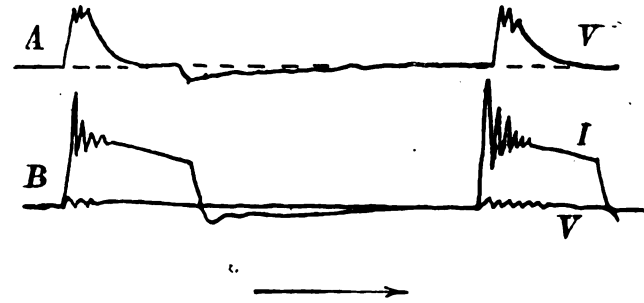


Fig. 5. — A. Tension aux bornes d'un tube Coolidge éteint, monté sur le secondaire d'une bobine munie du condensateur de Fizeau. — B. Le tube fonctionnant en soupape sous cette tension. $I_m = 10$ milliampères. $N = 30$ p : sec. Intensité I et tension V.

Si maintenant on diminue la température de la cathode, on diminue l'émission électronique et, par suite, la section et la densité du faisceau cathodique : on augmente donc la résistance du tube. C'est ce que montrent les figures 6 et 7 effectuées avec une tension aux bornes de 40 kv. Dans le second cas les oscillations étaient évitées par suppression du condensateur primaire.

Il est à remarquer, d'après ces clichés, que, lorsque l'émission électronique est suffisamment abondante (fig. 5), aucune différence de phase appréciable ne peut être observée entre l'intensité et la tension ou, en d'autres

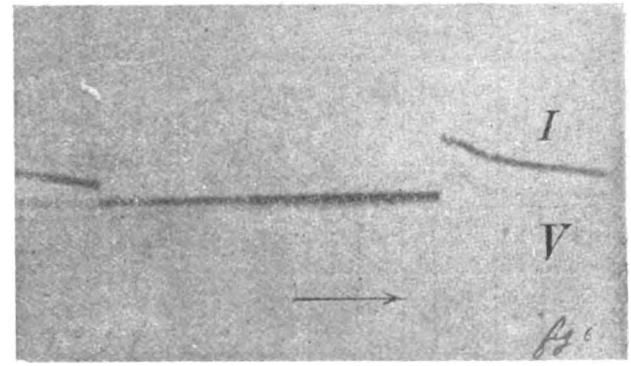


Fig. 6. — Tube Coolidge sur bobine munie du condensateur de Fizeau. Intensité et tension $V_{max} = 40$ kv. $I_m = 7$ milliampères. $N = 40$ p : sec.

termes, l'intensité suit sans aucun retard les variations de la tension.

Au contraire, lorsque l'émission se raréfie par suite de l'abaissement voulu de température de la cathode, on peut observer une différence de phase, légère, mais fré-

Digitized by Google

quente (fig. 6 et 7) à l'établissement et très importante pendant le reste de la décharge. La légère avance de l'intensité sur la tension que l'on peut observer sur ces courbes (fig. 7 par exemple), montrerait une capacité électrostatique notable, mais ce phénomène ne se retrou-

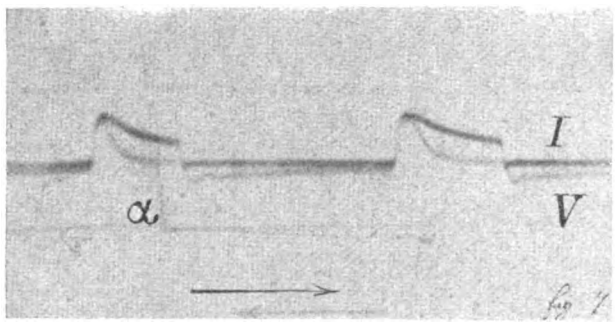


Fig. 7. — Tube Coolidge sur bobine d'induction privée du condensateur de Fizeau. $V_{max} = 40$ kv. $I_m = 7$ milliampères. $N = 30$ p : sec. $V_{eff} = 9{,}7$ kv. $I_{eff} = 11{,}7$ milliampères. Puissance vraie dépensée :

$$W = 30 \int_{t=0}^{t=0{,}01} VI\,dt = 95 \text{ watts.}$$

Facteur de puissance $K = 0{,}82$.

vant pas sur toutes doit être considéré comme incertain. Au contraire l'hétérogénéité de la décharge est très nette, les diverses quantités d'électricité constituant la décharge ayant été émises sous des tensions très différentes.

Ainsi la courbe α (fig. 7) montre que le tiers seulement de l'intensité du courant sert à l'excitation de rayons X pénétrants, les deux autres tiers donnant naissance à des rayons cathodiques de faible vitesse.

Cet aspect indique que le tube est le siège d'un véritable phénomène d'hystérésis, analogue à celui présenté

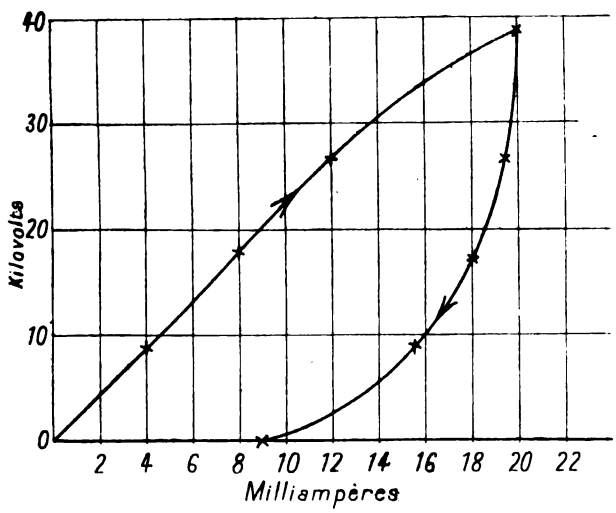


Fig. 8.

par l'arc à courant alternatif et que l'on peut tracer une véritable caractéristique dynamique de la décharge en portant en abscisses les valeurs de l'intensité et en ordonnées les valeurs de la tension, considérées au même instant. La figure 8 montre une caractéristique ainsi construite, d'après des mesures effectuées sur un agrandissement de la courbe α de la figure 7. Il n'y a aucune différence de phase à l'établissement, mais l'intensité conserve encore une valeur élevée lorsque la tension s'annule. Le cycle étant décrit dans le sens des flèches, on voit que l'intensité présente des valeurs plus élevées aux tensions décroissantes qu'aux tensions croissantes la résistance décroissant constamment par suite de la concentration des charges négatives importantes entre les deux électrodes.

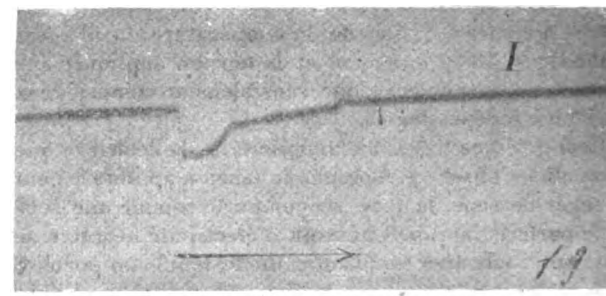


Fig. 9. — Tube Coolidge résistant sur bobine munie de son condensateur. Intensité $V_{max} = 45$ kv. $I_m = 3{,}5$ milliampères. $N = 30$ p : sec.

Ce phénomène s'atténue lorsque la résistance du tube augmente par suite de la raréfaction de l'émission électronique et les figures 9 et 10 montrent que l'intensité diminue rapidement lorsque l'onde de tension est passée ; il s'établit d'abord un palier qui tend lui-même à disparaître.

Nous verrons plus loin que la forme du cycle d'hystérésis dépend aussi de la forme de l'onde de tension

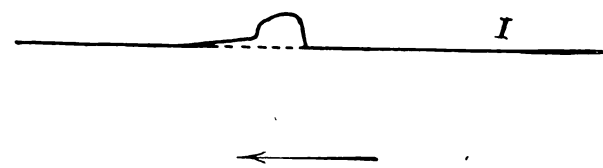


Fig. 10. — Tube Coolidge résistant sur bobine privée de son condensateur. Intensité $V_{max} = 50$ kv. $I_m = 3$ milliampères. $N = 30$ p : sec.

employée : ainsi, une onde sinusoïdale (fig. 11) donne une forme de cycle toute différente, analogue à la courbe II de la figure 20.

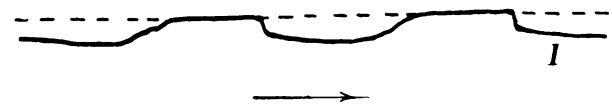


Fig. 11. — Tube Coolidge moins résistant soumis à une onde de tension alternative et sinusoïdale. Intensité. $V_{max} = 50$ kv. $I_m = 5{,}5$ milliampères. $N = 50$ p : sec.

Si l'on intercale en série avec le tube Coolidge un autre tube du même genre fonctionnant en soupape, on

Digitized by Google

peut dépenser dans le premier plusieurs hectowatts d'une façon continue; la forme du courant de décharge est celle que nous avons observée, mais si l'on introduit une soupape à gaz raréfié, comme celle de Villard par exemple, les choses sont entièrement changées et l'on obtient la décharge caractéristique des tubes à afflux cathodique que nous examinerons ultérieurement.

La figure 11 montre le fonctionnement d'un tube Coolidge peu résistant, sous une tension alternative sinusoïdale d'une fréquence de 50 p : s. On voit que la rectification est parfaite et que la forme de l'onde de tension se retrouve sur la courbe d'intensité à peine altérée par une faible perte de charge dans le secondaire du transformateur et un amorçage un peu brusque. Cet amorçage, en retard sur la tension, se manifeste surtout dans les tubes « durs » et est dû à la raréfaction de l'émission électronique, à l'effet du dispositif de concentration cathodique et ici à la lenteur de la croissance du champ électrique.

Sur un redresseur mécanique synchrone (contact tournant), on observe également cet effet, exagéré au début et créé à la fin de l'alternance par les coupures de contact (fig. 12), en même temps que des irrégularités

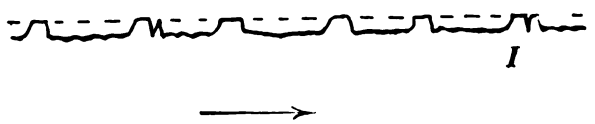


Fig. 12. — Tube Coolidge sur « contact tournant ». Intensité. Mêmes conditions qu'en figure 11. $N = 100$ p : sec.

dans l'intensité, dues aux étincelles, qui ferment le circuit par les secteurs. Un défaut de ce dispositif (trop grand écartement entre le contact mobile et l'extrémité d'un secteur fixe) est aussi mis en évidence.

Le fonctionnement particulièrement intéressant du

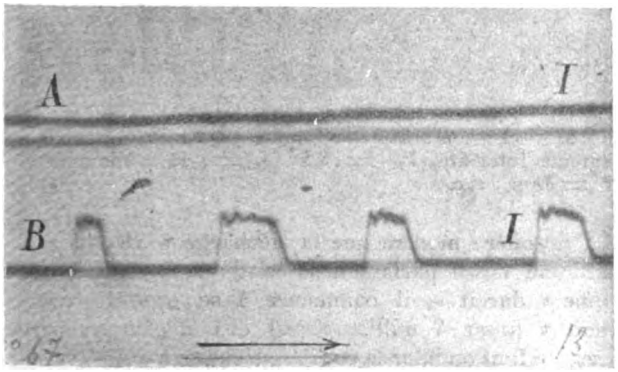


Fig. 13. — A. Tube Coolidge sous une tension constante $V_{max} = 21$ kv. $I = 9$ milliampères. $N = 100$.
B. Même montage, tube très peu résistant. $V_{max} = 5$ kv. $I_m = 10$ milliampères. $N = 100$ p : sec.

tube sous une tension constante est représenté par les figures 13 et 14, exécutées dans les conditions de montage que nous avons décrites (fig. 1). Dans le premier, la courbe A illustre l'exemple que nous avons choisi ; la fréquence de l'interrupteur de la bobine se distingue aisément, ainsi que les chutes progressives de tension pendant les périodes de repos. Dans la courbe B, la cathode a été portée à la plus haute température possible, toutes choses restant égales d'ailleurs ; la tension aux bornes est tombée à 5 000 v pour un débit de 1/100 d'ampère. Les condensateurs se trouvaient presque en court-circuit et ne jouaient plus aucun rôle ; on observe alors la forme que nous avons déjà décrite de la décharge du secondaire sur une résistances. Les oscillations, amorties, sont dues au condensateur de Fizeau.

Dans le second cliché, une décharge, correspondant à une plus haute tension (38 000 v) que dans le premier cas

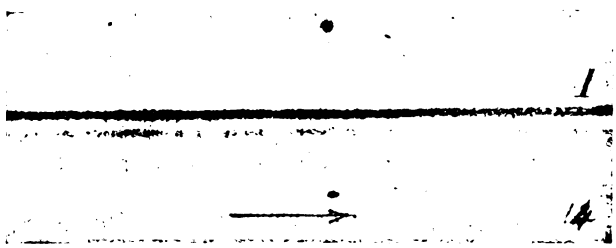


Fig. 14. — Tube Coolidge sous une tension constante $V = 38$ kv. $I = 7$ milliampères. $N = 100$ p : sec.

et pour le même débit, montre une chute plus faible ; la fréquence du phénomène n'est ici presque plus visible.

Tous les électrons étant animés de la même vitesse par la tension constante et continue fournissent un faisceau cathodique homogène en même temps que les conditions électriques de la décharge deviennent parfaitement définies ainsi que l'énergie dépensée dans le tube (par exemple : 35 kv × 9 milliampères = 315 w). De plus, il est possible de faire passer ainsi une plus grande intensité, sous une même tension (3 ou 4 fois plus) qu'avec des ondes de bobine sans altérer le métal de l'anticathode.

Le tube fonctionne ici sur les condensateurs comme une lampe à incandescence sur une batterie d'accumulateurs et il fournit une émission de rayons X *continue* ; nous verrons qu'un tube à gaz raréfié se comporte tout différemment.

II. **Tubes à afflux cathodique.** — Le tube étudié a été un tube Pilon à anticathode de tungstène et refroidissement par eau, qui a été actionné successivement par une bobine d'induction avec interposition, d'abord de soupapes de Villard, puis d'un tube Coolidge faisant office de soupape, puis par du courant alternatif redressé mécaniquement ou non redressé, par du courant semi-alternatif et enfin par une tension constante. Une soupape de Villard, insérée seule dans le circuit secondaire d'une bobine, donne une forme de courant tout à fait caractéristique : une courbe en forme de clocher, unique et aiguë, correspondant à chaque interruption primaire (Voyez courbes F de la figure 23). Cette courbe est donc très différente de la courbe de tension présentée par la bobine.

Digitized by Google

Si l'on intercale en série avec un tube une ou deux de ces soupapes, on obtient la forme de décharge illustrée par la figure 15 dans laquelle on voit trois de ces courbes

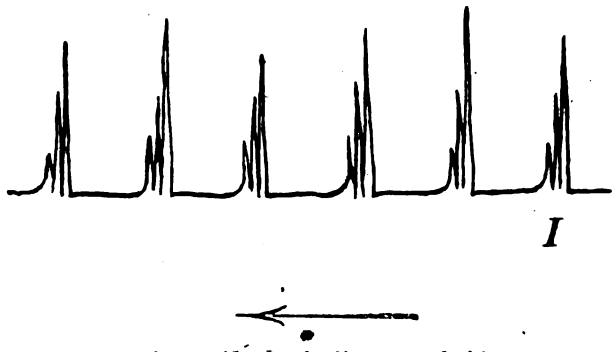


Fig. 15. — Tube à afflux cathodique sur bobine avec soupapes cathodiques en série. Intensité. $N = 100$ p : sec.

aiguës se succéder sans interruption. La décharge est nettement fractionnée en plusieurs décharges partielles, d'une durée voisine de 10^{-3} sec.

Il n'est pas surprenant de voir ici se manifester la discontinuité de l'émission cathodique observée par M. Villard en étalant, dans un tube à vide, un faisceau cathodique homogène par un champ magnétique tournant. Si le nombre des taches observées par M. Villard correspondait à un nombre d'émissions variant de 2 000 à 5 000 par seconde, la durée moyenne d'une éruption serait voisine de 2.10^{-4} sec, durée de l'ordre de grandeur de celle que nous avons observée. Nous verrons d'ailleurs ultérieurement que cette valeur peut varier dans d'assez larges limites suivant la pression du gaz résiduel.

Le passage du courant dans le tube et les soupapes se faisant suivant un processus analogue, il semblait, a priori, que ces conditions étaient les meilleures pour l'observation de cette discontinuité, due à la fois à deux ou trois cathodes ainsi disposées en série. Pour nous rendre compte de la forme réelle de la décharge dans le tube, nous avons remplacé les soupapes de Villard par un tube Coolidge, qui, comme nous l'avons vu, n'impose pas à l'onde de tension une forme propre de courant de décharge lorsque l'émission électronique est rendue suffisamment intense.

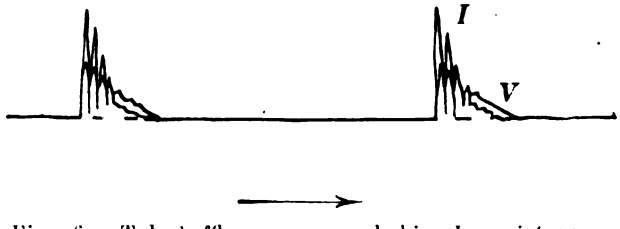


Fig. 16. — Tube à afflux « mou » sur bobine. Intensité et tension. $V_{max} = 30$ kv. $I_m = 5$ milliampères. $N = 30$ p : sec.

La figure 16 montre la forme du courant relevée dans ces conditions, la tension étant de 30 000 v et la figure 17, l'intensité et simultanément la tension à 46 000 v.

La forme de la décharge, dans le premier cas, montre des oscillations de plus grande amplitude que celles présentées par le tube Coolidge dans les mêmes conditions (fig. 5) et qui étaient dues au condensateur de Fizeau. Dans la figure 17 il y a même retour au zéro (comme dans la figure 15). Il y a donc bien là des phénomènes

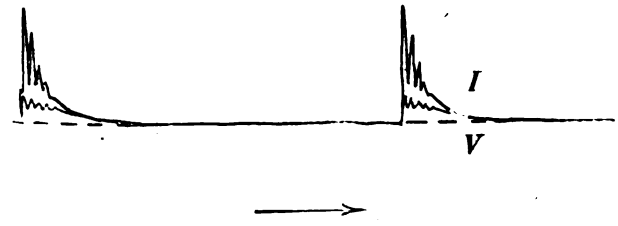


Fig. 17. — Tube à afflux « dur » sur bobine. Intensité et tension. Discontinuité. $V_{max} = 46$ kv. $I_m = 3$ milliampères. $N = 30$ p : sec.

plus ou moins complets de discontinuité lorsque le tube devient dur, discontinuité facilitée par des oscillations primaires dont la période devient de l'ordre de grandeur de la durée de l'éruption lorsque le tube est amorcé.

Ces considérations sont vérifiées expérimentalement lorsque l'on supprime, toutes choses restant égales d'ailleurs, le condensateur de la bobine. On observe alors que la discontinuité se produit d'elle-même beaucoup plus difficilement, comme le montrent les figures 18 et 19.

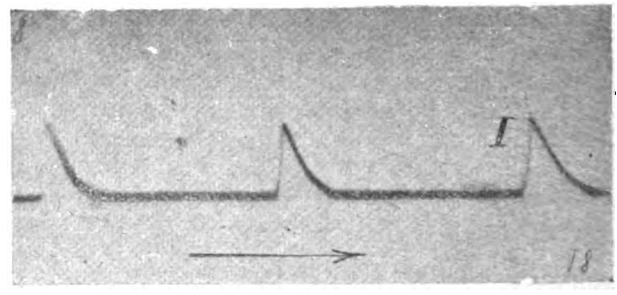


Fig. 18. — Tube à afflux sur bobine privée de son condensateur. Intensité. $V_{max} = 18$ kv. $I_m = 2{,}25$ milliampères. $N = 30$ p : sec.

La première montre que la décharge à 18 000 v a lieu d'une façon parfaitement continue, mais lorsque le tube « durcit », il commence à se produire vers 20 000 v (pour 4 milliampères) des décharges partielles qui font onduler la courbe, décharges qui s'accentuent et deviennent nettement visibles dans la figure 19 à 45 kv (2 milliampères). La courbe B de ce cliché montre l'enregistrement simultané de l'intensité et de la tension, le tube étant très dur (38 kv, 0,6 milliampère). On y voit un retard notable de l'intensité sur la tension en même temps qu'une ou deux décharges partielles d'une durée voisine de 10^{-3} sec.

Il est à remarquer que le tube ne s'est amorcé que lorsque la tension a atteint une valeur notable, mais

Digitized by Google

qu'il s'est désarmorcé alors que celle-ci demeurait encore à une valeur élevée. L'intensité a donc des valeurs différentes pour une même valeur de la tension, aux tensions croissantes ou décroissantes, et l'on peut tracer

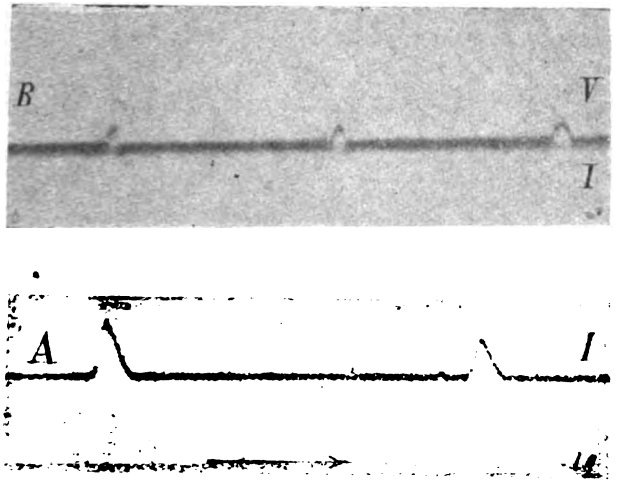


Fig. 19. — A. Tube à afflux moyennement « dur » sur bobine sans condensateur. Intensité $V_{max} = 45$ kv. $I_m = 2$ milliampères. $N = 30$ p : sec.
B. Tube à afflux très « dur » dans les mêmes conditions. Intensité et tension. $V_{max} = 38$ kv. $I_m = 0{,}6$ milliampère. $N = 30$ p : sec.

une boucle d'hystérésis analogue à celle que nous avons observée à propos de la décharge dans un tube Coolidge. Le graphique ci-contre (fig. 20, courbe I) représente cette caractéristique dynamique construite

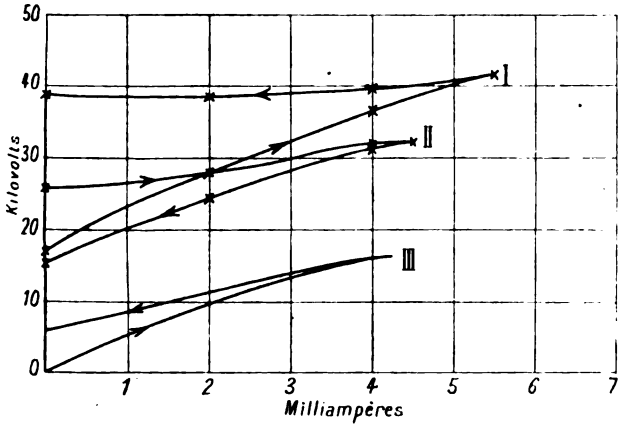


Fig. 20.

d'après des mesures effectuées sur un agrandissement de la figure 19. La courbe montre qu'aux tensions croissantes, l'intensité atteint une valeur plus élevée qu'aux tensions décroissantes. Il résulte de ce phénomène que la puissance vraie dépensée dans le tube ne serait pas égale au produit de l'intensité et de la tension efficaces que donneraient un ampèremètre thermique et un voltmètre électrostatique, mais qu'il faudrait, pour avoir une valeur exacte, multiplier les indications obtenues par un facteur de puissance qui diminuerait avec la dureté du tube.

Il pourrait sembler, d'après ces résultats, qu'il serait plus facile, pour mieux observer le véritable caractère de la décharge dans les tubes à afflux, d'utiliser, non plus une onde de tension aussi compliquée que celle présentée par la bobine, mais une onde purement sinusoïdale et parfaitement régulière. Ceci nous a amenés à considérer le fonctionnement sur un redresseur synchrone, et mieux, sur un transformateur statique un

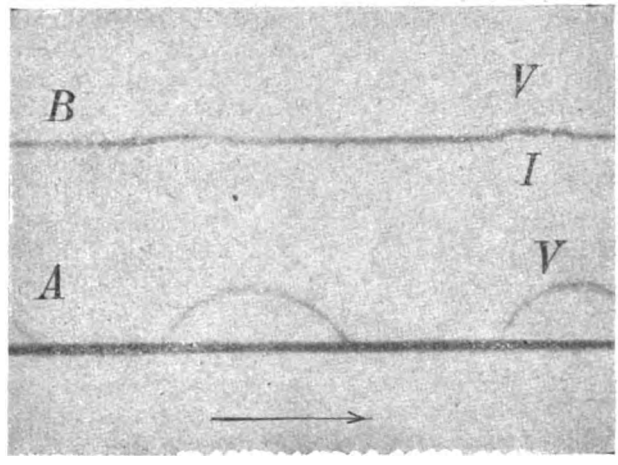


Fig. 21. — A. Courbe de tension semi-alternative obtenue avec un tube Coolidge fonctionnant en soupape. $V_{max} = 48$ kv. $N = 50$ p : sec.
B. Tube à afflux très « dur » sous une tension semi-alternative. $V_{max} = 24$ kv. $I_m = 0{,}65$ milliampère. $N = 50$ p : sec.

tube Coolidge étant inséré comme soupape dans le circuit du tube. La figure 21 (courbe A) montre la forme de la courbe de tension obtenue de cette manière.

Le fonctionnement d'un tube mou (3 milliampères, 32 kv) est représenté sur la figure 22 dans laquelle on a

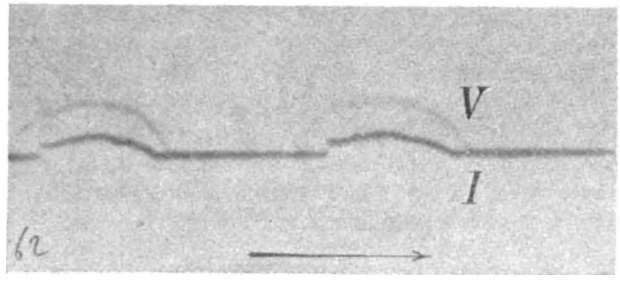


Fig. 22. — Tube à afflux « mou » sous une tension semi-alternative. $V_{max} = 32$ kv. $I_m = 3$ milliampères. $N = 50$ p : sec.

enregistré simultanément la tension et l'intensité. On peut remarquer la chute de tension produite dans le secondaire du transformateur par l'amorçage brusque

Digitized by Google

du tube sous une certaine tension limite. Cette tension d'allumage est ici supérieure à la tension d'extinction, la boucle d'hystérésis est donc inverse de celle précédemment observée (courbe II fig. 20) ; enfin la décharge est continue.

On voit donc que la forme de la caractéristique dynamique dépend à la fois de la pression du gaz résiduel et de la forme de l'onde de tension appliquée. Si l'on se reporte à la figure 20 où ce fait est mis en évidence, on constate qu'un tube dur, (courbe I) dans lequel la discontinuité se produit à la cathode, s'amorce beaucoup plus facilement sur une onde de bobine qu'un tube mou (courbe II) dans lequel la décharge est continue, mais qui est soumis à une onde sinusoïdale. Ceci est dû à la croissance beaucoup plus rapide de l'onde de bobine et explique ce fait bien connu qu'un tube fonctionne toujours plus régulièrement et bien mieux sur une bobine que sur un contact tournant.

Nous avons pu observer directement la forme de ces boucles d'hystérésis en nous servant d'un tube de Braun parcouru par un faisceau cathodique continu et homogène. Celui-ci était étalé perpendiculairement à la direction des lignes de force d'un champ magnétique d'intensité proportionnelle à tout instant à l'intensité du courant traversant le tube à rayons X (tube Siemens très mou). En même temps, un champ électrique parallèle au champ magnétique étalait le faisceau normalement à la première déviation, l'intensité de ce champ étant proportionnelle à la tension existant à chaque instant aux bornes du tube. Si l'hystérésis n'avait pas lieu, le faisceau devrait tracer une droite oblique par rapport aux deux axes de coordonnées ainsi définis. En fait, nous avons observé des courbes tout à fait analogues à celles de la figure 20.

Si l'on examine les caractéristiques que présentent les figures 16, 17 et 18 (tubes mous et moyennement durs sur bobine), on obtient des courbes du genre III (fig. 20) montrant un amorçage immédiat. Enfin, on peut passer graduellement de cette courbe à la première (I), par durcissement du tube.

Dans la figure 21 (courbe B), le tube était, au contraire de la figure 22, très dur (24 kv, 0,65 milliampère), l'espace obscur remplissant tout le ballon ; la discontinuité est ici très marquée, la durée de l'éruption étant de 5.10^{-4} secondes.

Ce fractionnement de la décharge n'est pas limité au seul passage habituel du faisceau cathodique de la cathode vers l'anticathode ; le courant inverse qui peut traverser le tube présente exactement le même phénomène. Pour le montrer, nous avons relevé les courbes d'intensité dans un tube branché directement sur les bornes d'un transformateur statique. L'intensité du courant inverse dépassait, à tous les degrés de vide, l'intensité du courant direct, et celui-ci s'éteignit rapidement le premier.

Le tube, ayant été préalablement très molli, laissait d'abord passer les deux alternances sans les déformer sensiblement (fig. 23 courbe A), la résistance dans le sens direct étant seulement plus grande que dans le sens inverse ; puis le tube durcissant rapidement (l'anode absorbait le gaz résiduel sous forme d'afflux), les portions sinusoïdales de la courbe se déformaient, montrant des fluctuations qui étaient l'indice d'une discontinuité naissante (B). A ce moment, le courant direct cessait presque entièrement ; le courant inverse, tout en diminuant progressivement d'intensité, donnait lieu à des décharges à la fois en parties continues et discontinues (C), puis finalement franchement discontinues (D) avec des intervalles de repos de l'ordre des durées des éruptions. Enfin, celles-ci se réduisaient encore, et la décharge inverse n'avait plus lieu, à chaque période, que suivant un nombre de plus en plus restreint (5, 4, puis 3 d'éruptions de plus en plus brèves (2.10^{-4} sec), et de plus en plus espacées (10^{-3} sec), (courbes E et F).

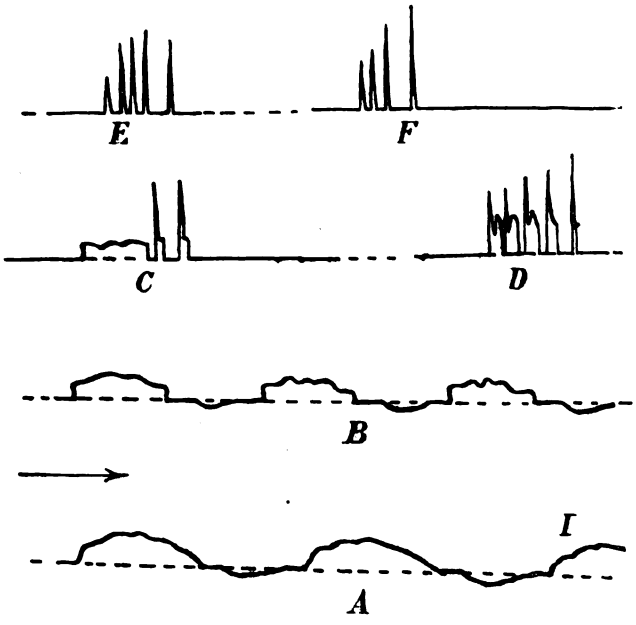


Fig. 23. — Fonctionnement du tube Pilon sous une tension alternative sinusoïdale. Intensité. Le courant inverse est figuré au-dessus de la ligne zéro.

Ce phénomène peut s'expliquer aisément en remarquant que l'alimentation en afflux cathodique est beaucoup plus facile pour l'anode et l'anticathode que pour la cathode, logée dans un tube abducteur au ballon (principe des soupapes cathodiques).

Le fonctionnement d'un tube sur un redresseur mécanique synchrone de l'alternateur est analogue au fonctionnement que nous avons observé sous une tension semi-alternative. La figure 24 montre la courbe d'intensité obtenue avec le même tube sous une tension redressée de fréquence égale à 50 p:s ; le tube était mou et au régime critique auquel apparaît la discontinuité de l'émission cathodique. En fait, une décharge paraît continue et la suivante se fractionne au début et surtout à la fin de l'alternance.

Dans la figure 25, le tube était d'une dureté moyenne et la discontinuité est parfaite. On voit que la quantité

Digitized by Google

d'électricité qui traverse le tube à chaque éruption n'est pas constante et que, tantôt les éruptions se suivent sans arrêt, tantôt, au contraire, il semble se produire des ratés qui font que l'éruption n'a pas lieu. La durée de chacune d'elles n'est pas non plus constante, la durée moyenne est ici de 5.10^{-4} sec.

Le fonctionnement d'un tube sous une tension constante est fort intéressant à plusieurs points de vue. Trowbridge (1) signale avoir actionné un tube du genre Chabaud-Villard sur une batterie d'accumulateurs de 10 000 v. L'amorçage du tube était difficile et ne se produisait que lorsque l'anticathode avait été préalablement portée au rouge (sans doute par un fonctionnement préalable sur bobine, ce qui avait pour effet de mollir le tube). Une résistance liquide de 4.10^{6} ohms était intercalée dans le circuit pour limiter le débit à 3 ou 4 millièmes d'ampère.

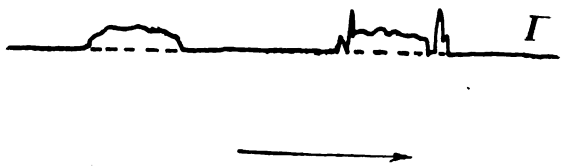


Fig. 24. — Tube à afflux fonctionnant sous une tension semi-alternative (soupape Coolidge) $V_{max} = 40$ kv. $I_m = 5$ milliampères. $N = 50$ p : sec.

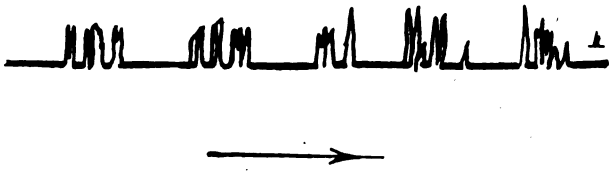


Fig. 25. — Tube à afflux sur « contact tournant ». Intensité. $V_{max} = 55$ kv. $I_m = 3$ milliampères. $N = 100$ p : sec.

Villard (2) indique que dans le fonctionnement direct d'un tube à rayons cathodiques sur une source à potentiel indépendant du débit (accumulateurs par exemple), celui-ci augmente de lui-même pour une tension donnée, la décharge s'emballe et pour une certaine valeur de l'intensité la chute cathodique disparaît brusquement ainsi que les rayons et il s'établit un arc entre les électrodes.

Ce phénomène explique une expérience décrite par Destot (3). Cet auteur, voulant obtenir des radiographies instantanées, eut l'idée, pour dépenser en un temps très court une grande quantité d'énergie dans le tube, d'y décharger un condensateur de 1/100 de microfarad de capacité chargé à la tension de 160 kv par le « contact tournant » de Delon. Le résultat fut négatif, l'émission en rayons X était insignifiante et l'intense lumière blanche signalée par l'auteur dans le tube, au moment de la décharge, était probablement due à l'arc qui mettait les électrodes en court-circuit.

(1) *Philosophical magazine*, 5e série, 1900.
(2) *Les Rayons cathodiques*, p. 98. Note.
(3) *Archives d'Electricité médicale*, 1909, p. 309.

Nous avons essayé d'établir une explication corrélative de ces faits, en étudiant ce que l'on pourrait appeler la caractéristique statique d'un tube par analogie avec celle de l'arc. Si l'on alimente une ampoule sous une certaine tension constante E (fig. 26) — obtenue comme nous l'avons décrit — et que l'on porte l'intensité en abscisses en même temps que la tension aux bornes en ordonnées, on obtient une courbe décroissante, schéma

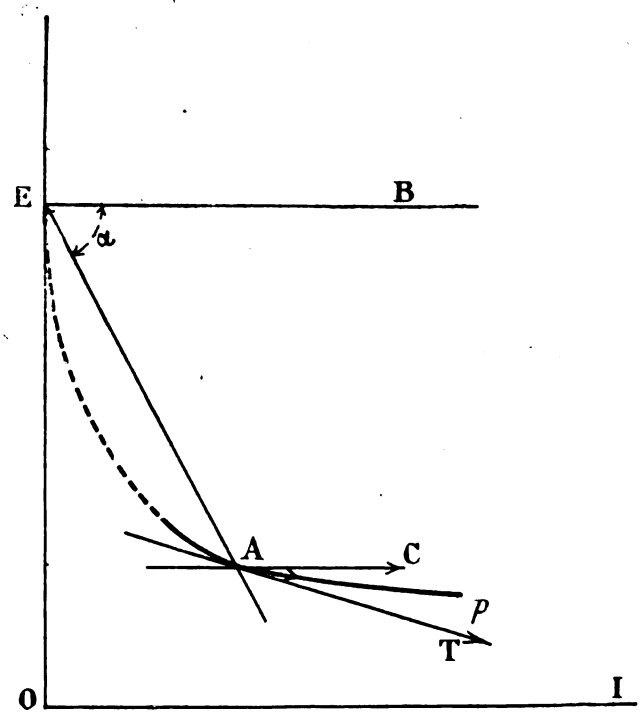


Fig. 26.

tisée dans la figure, qui caractérise une pression déterminée du gaz résiduel. Tous les états possibles du tube peuvent donc être définis par tout point du plan sillonné du réseau des courbes isobares.

La résistance additionnelle est représentée par la tangente de l'angle que forme avec la droite EB toute droite EA passant par un point A caractérisant un état et un régime du tube. La résistance de celui-ci est donnée par la tangente de l'angle que fait au point A la droite AC avec la tangente à la courbe. On voit ici que $\frac{dE}{dI} < 0$ c'est-à-dire que la résistance électrique d'un tube mou (1) diminue lorsque le débit augmente. On conçoit donc que sans résistance additionnelle le fonctionnement soit instable, l'intensité tendant à croître indéfiniment d'elle-même jusqu'à disparition de la chute cathodique.

Ces considérations sont vérifiées par les clichés relevés à l'oscillographe. Le tube étudié, étant monté comme l'indique le schéma de la figure 1, pouvait être placé

(1) Nous verrons plus loin que ces considérations ne s'appliquent qu'aux décharges continues.

Digitized by Google

en série avec une résistance liquide sans self-induction de 10^7 ohms. La figure 27 montre la courbe d'intensité obtenue, le tube étant très mou et la résistance étant interposée. La décharge est continue et tout à fait analogue à celle que nous avons observée dans un tube

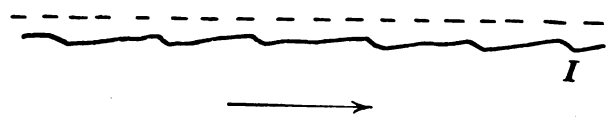


Fig. 27. — Tube à afflux « très mou » soumis à une tension constante. Intensité. Résistance en série. $V = 23$ kv $I_m = 6$ milliampères. $N = 100$ p : sec (contact tournant).

Coolidge. La figure 28 montre la forme de la décharge, la résistance étant mise en court-circuit : les condensateurs se déchargent ici d'une façon apériodique. La résistance additionnelle a donc pour effet de limiter le débit en évitant cet emballement. Elle est indispensable

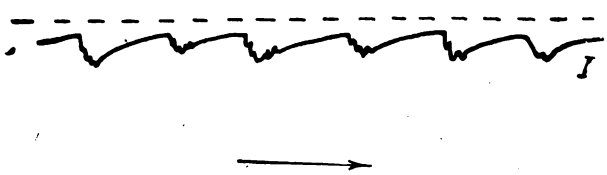


Fig. 28. — Tube à afflux « très mou » soumis à une tension constante. Intensité. Pas de résistance. $V = 23$ kv. $I_m = 6$ milliampères. $N = 100$ p : sec.

dans ce cas, alors que nous avons vu qu'elle était superflue avec un tube Coolidge où l'intensité et la tension pouvaient être considérées comme deux variables indépendantes.

Lorsque la dureté du tube augmente, la discontinuité de l'émission cathodique apparaît ici comme précédemment, comme le montre la figure 30 qui met en évidence un grand nombre de décharges se succédant presque sans interruption. Le tube était ici d'une dureté moyenne ; le débit produit par la tension constante était discontinu, mais le faisceau cathodique était homogène, chaque éruption ayant lieu sous la même tension.

Si l'on supprime la résistance, le tube étant très dur (36 kv continus, 1,25 milliampère), on a l'aspect présenté par la figure 29 qui est des plus instructifs. La

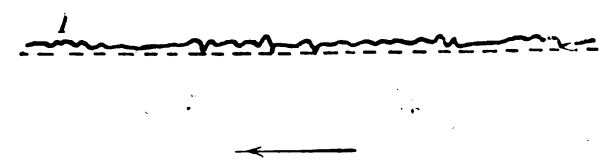


Fig. 29. — Tube à afflux « dur » soumis à une tension constante. Intensité du courant $V = 50$ kv. $I_m = 2$ milliampères. $N = 100$ (contact tournant).

décharge, au lieu de s'emballer comme dans un tube mou, s'est ici limitée d'elle-même à cause du phénomène de l'émission discontinue et la théorie que nous avons émise ne peut plus s'appliquer.

Au moment de la charge des condensateurs par le générateur, la tension a légèrement dépassé la tension critique d'allumage du tube ; celui-ci s'est alors amorcé laissant se produire quelques éruptions, puis la tension baissant légèrement de ce fait est devenue égale à la tension critique et le tube ne s'est plus amorcé qu'à la surtension suivante. Il se comporte donc ici comme un récepteur doué d'une force électromotrice en équilibre avec la force électromotrice de la source. Le fait, que les

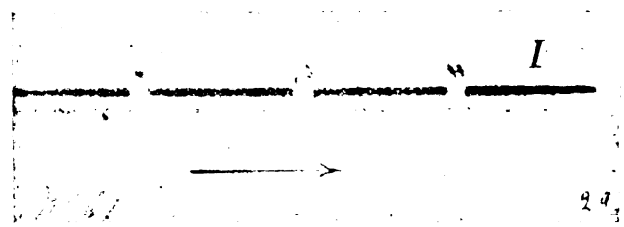


Fig. 30. — Tube à afflux « dur » sous une tension continue, sans résistance additionnelle $V = 36$ kv. $I_m = 1.25$ milliampère. $N = 100$. Courbe d'intensité. (Le trait inférieur correspond à un déréglage du zéro ; on doit en faire abstraction.)

condensateurs restaient réellement bien chargés pendant les longues périodes de repos, est démontré par les clichés obtenus avec le tube Coolidge ou un arc à haute tension brûlant sur les condensateurs à travers une grande résistance : avec un débit dix fois plus intense les chutes de tension ne dépassaient pas alors 20 pour 100.

L'interposition d'une résistance en série avec un tube encore plus dur ne modifie pas sensiblement la décharge que nous avons observée ; on ne saurait cependant s'en passer qu'avec circonspection et la faculté de vérifier la continuité de la tension obtenue.

Une théorie mathématique de la discontinuité de la décharge dans un tube à gaz raréfié a été donnée par Perkins [1] qui assimilait le tube à une capacité placée en dérivation sur une résistance. Si une tension constante est appliquée au système, le calcul montre que l'on peut obtenir des variations périodiques dans l'intensité, leur fréquence croissant avec la force électromotrice appliquée et décroissant avec l'augmentation de capacité. Le phénomène est analogue à celui de l'arc autochantant observé par Blondel [2] (arc sifflant) avec une capacité en dérivation sur l'arc sans aucune self-induction. La forme des décharges obtenues ainsi est tout à fait analogue à celles que nous avons observées. On peut aussi, dans ces expériences, remplacer l'arc par un tube à gaz raréfié si la tension d'alimentation est suffisante. De là à un tube à vide possédant une capacité électrostatique notable, il n'y a qu'un pas ; or les cathodes des tubes durs doivent posséder cette propriété, car on sait que la chute de tension dans le tube est pres-

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, mai 1909, p. 1389.
(2) *Journal de Physique*, 1905.

Digitized by Google

que entièrement due à la chute cathodique. Cette capacité a d'ailleurs été observée expérimentalement par Wiedmann et Ebert (1).

En résumé, nous avons étudié la forme de la décharge électrique dans les deux sortes de tubes à rayons X actuellement en usage : les tubes Coolidge, à pure émission électronique et les tubes à afflux cathodique. Le premier a un fonctionnement intéressant comme soupape sans inertie. Ce fait a déjà été utilisé industriellement dans les kénotrons et pliotrons. Alimenté sous une tension constante, le tube donne lieu à une émission de rayons X continue et constante, les conditions électriques de la décharge étant très simples et exactement définies. Soumis à une tension variable le tube présente un phénomène d'hystérésis marqué dû à la fois à la présence de charges négatives dans l'espace avoisinant les électrodes, concentrées progressivement par l'onde de tension, et à la forme de celle-ci.

Les tubes à afflux se comportent tout différemment. Lorsque la pression du gaz résiduel est élevée, on y observe une décharge analogue à celle que l'on obtient dans un tube Coolidge, mais à faible pression la discontinuité de l'émission cathodique apparaît, la durée de chaque éruption étant voisine de 5.10^{-4} sec et indépendante de la forme de l'onde de tension. La résistance électrique du tube est beaucoup moindre dans le sens inverse que dans le sens direct et la discontinuité apparaît dans les deux sens. Le tube présente presque constamment un phénomène d'hystérésis très apparent; les facteurs de l'énergie dépensée dans l'ampoule ne peuvent être déterminés que sous une tension constante. On obtient alors un faisceau cathodique intermittent mais homogène.

L'état et le fonctionnement du tube ont été précisés dans ces conditions par la considération d'une caractéristique statique avec $\frac{dE}{dI} < o$. Enfin une analogie a été faite avec l'arc autochantant et elle a permis une explication du phénomène de l'émission cathodique discontinue.

En terminant, nous tenons à remercier très vivement M. Turpain, professeur à la Faculté des Sciences de Poitiers, pour le prêt qu'il nous a fait de l'oscillographe Blondel avec lequel nous avons effectué ce travail, et M. le Dr R. Ledoux-Lebard pour les appareils qu'il a mis à notre disposition et les bienveillants encouragements qu'il n'a cessé de nous prodiguer.

A. Dauvillier.

Revues, analyses et informations

La mise en parallèle des stations génératrices par M. J.-S. Peck (2).

L'auteur s'est attaché particulièrement à l'étude générale du groupement des stations génératrices d'une contrée en vue de desservir les réseaux existants quels qu'ils soient (lumière, force, traction, etc.). On est souvent conduit à cette combinaison au point de vue économique, mais on envisage, ici, seulement le côté technique de sa réalisation.

Les différents cas envisagés comportent les hypothèses suivantes :

1° Les stations produisent du courant alternatif de même fréquence et d'un nombre égal de phases, leur tension d'exploitation est la même. Le dispositif proposé dans ce cas pour les connexions est appelé « interconnector » ; il comprend deux transformateurs séries et deux transformateurs shunts réglables par un commutateur diviseur. L'importance de l'ensemble est proportionné aux charges à répartir entre les stations et les conditions de réglage des alternateurs sont étudiées, ainsi que celle de mise à la terre des réseaux ;

2° Les stations à réunir produisent du courant de même fréquence mais de tension différente — le nombre des phases étant variable. La disposition précédente peut être employée avec des rapports de transformation appropriés et, en cas de réseaux équilibrés, il faut la compléter par des convertisseurs de phase ou des dispositifs de répartition spéciaux ;

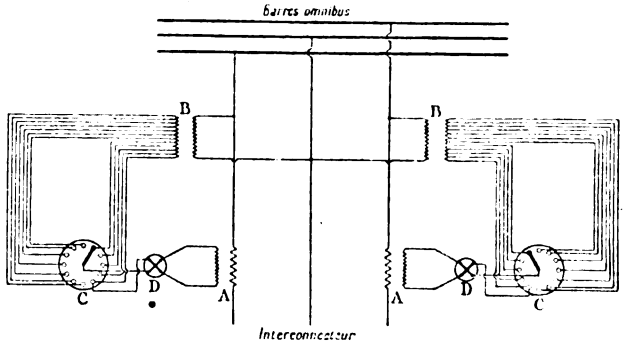


Fig. 1. — Diagramme des connexions à réaliser pour la régulation de la tension entre deux systèmes triphasés de même fréquence.

3° Stations à courants de fréquences diverses.

Plusieurs dispositifs sont envisagés :

1° L'emploi d'un groupe « moteur synchrone, générateur synchrone » ;

2° L'emploi d'un groupe « moteur d'induction, générateur synchrone ».

L'un et l'autre présentent des avantages et des in-

(1) *Sur les décharges électriques (Institut Physique d'Erlangen)*, déc. 1891.

(2) *Journal of the Institution of Electrical Engineers*, janvier 1917, t. LXV, p. 63-90.

Digitized by Google

convénients énumérés avec les schémas correspondants :

3° La liaison des stations est faite en employant des commutatrices, ce qui correspond au cas où au moins un des réseaux est alimenté en courant continu.

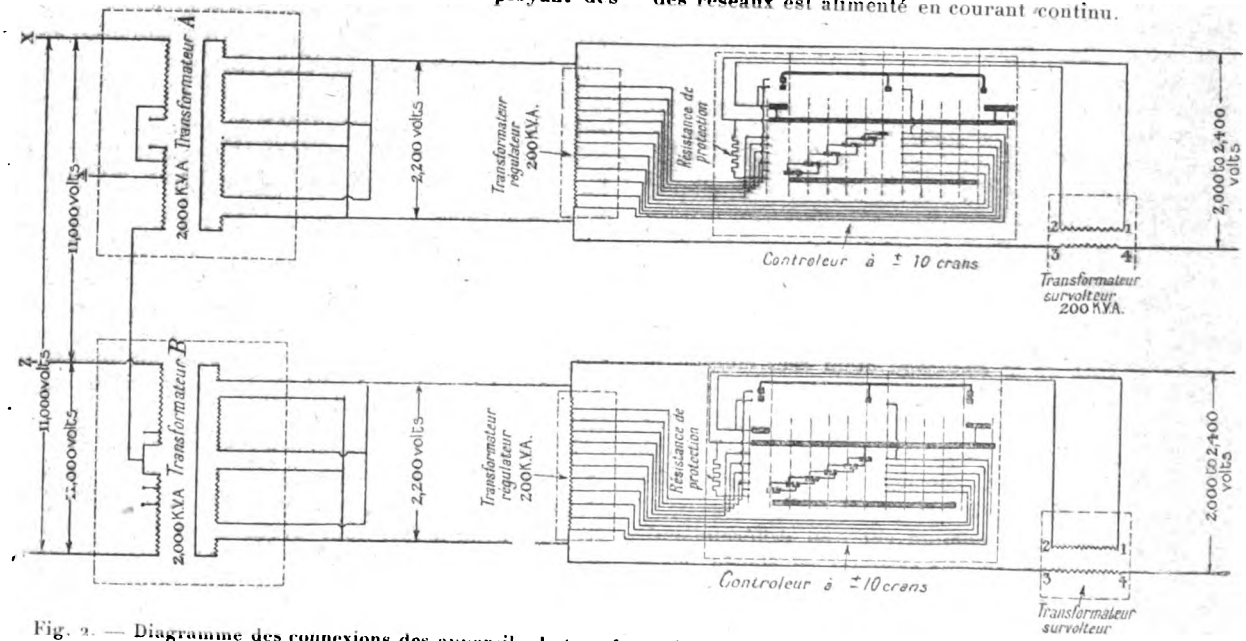


Fig. 2. — Diagramme des connexions des appareils de transformation et de régulation réalisés pour relier à Londres un système triphasé à 2 200 v avec un autre à 11 000 v.

Le schéma des connexions est fourni dans ce cas ainsi

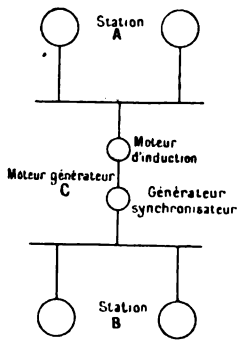


Fig. 3. — Schéma du montage de stations à fréquences différentes au moyen du système moteur d'induction-générateur synchrone.

que dans celui où on relie une station à courant continu avec une autre à courant alternatif.

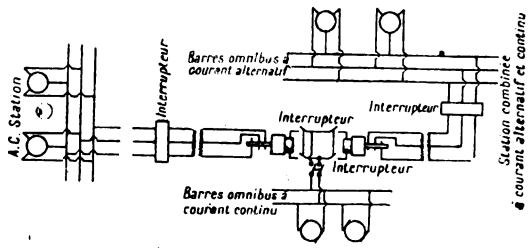


Fig. 4. — Un moyen de relier un système de distribution à courant alternatif avec un autre système combiné de courant alternatif et continu.

Comme complément, des exemples pratiques sont fournis et deux appendices étudient respectivement l'effet d'une résistance et d'une réactance sur la mise en parallèle de deux alternateurs (cas du couplage avec réseau intercalé),

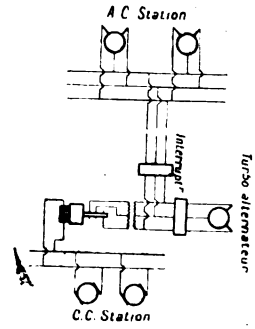


Fig. 5. — Un moyen de relier une distribution continue à une distribution alternative.

et l'autre donne une méthode pour calculer la charge d'un transformateur de fréquence « moteur d'induction-générateur synchrone ».

La téléphonie à grande distance (1).

L'auteur commence son article en donnant quelques généralités et en montrant l'influence heureuse que peut avoir l'inductance sur la qualité des transmissions ; il expose les particularités de la transmission téléphonique en faisant ressortir les différences profondes qui existent entre ce problème et celui du transport de l'énergie électrique à distance par courants alternatifs.

Dans la deuxième partie de son article, M. Viard établit

(1) Georges VIARD, ingénieur des Postes et Télégraphes. *Annales des Postes et Télégraphes*, p. 426-442, t. v, 6 300 mots, 1 fig.

Digitized by Google

les principales formules relatives à la propagation sur les lignes téléphoniques indéfinies en ne considérant que les valeurs efficaces de l'intensité et de la différence de potentiel, en chaque point, entre la ligne et la terre (on suppose qu'on a une ligne avec retour par la terre). Il ne s'agit uniquement que du cas des oscillations forcées et du régime permanent.

Soient (fig. 1) : R, la résistance linéique ; L son inductance

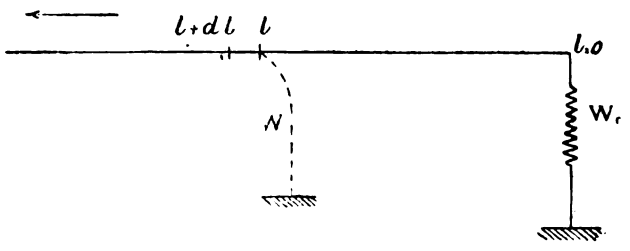


Fig. 1.

linéique ; G sa perditance linéique ; C sa capacité linéique $Z = \sqrt{R^2 + L^2\omega^2}$ l'impédance linéique ; $w = \sqrt{G^2 + C^2\omega^2}$ l'admittance linéique ; $\operatorname{tg}\tau = \frac{L\omega}{R}$ le facteur de réactance, d'où $\cos\tau = \frac{R}{Z}$, $\sin\tau = \frac{L\omega}{Z}$; $\operatorname{tg}\gamma = \frac{C\omega}{G}$ le facteur de capacitance, d'où $\cos\gamma = \frac{G}{w}$ et $\sin\gamma = \frac{C\omega}{w}$; $\delta = \frac{\tau + \gamma}{2}$ l'angle résultant. La différence de potentiel et l'intensité, en régime permanent, ne dépendent que de la position du point consi-

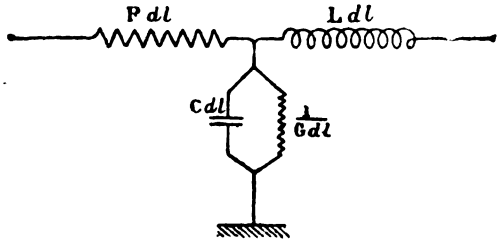


Fig. 2.

déré. On compte les distances à partir du récepteur dans le sens des puissances croissantes ; soient (fig. 2) :

$\rho = R + iL\omega$, l'impédance linéique complexe ;

$\gamma = G + iC\omega$, l'admittance linéique complexe ;

W, la résistance apparente en un point d'abscisse l.

On a au point d'abscisse $l + dl$:

$$W + \frac{dW}{dl} = W + \rho\,dl - W^2\gamma\,dl$$

d'où :

$$\frac{dW}{dl} = \rho - W^2\gamma$$

ou :

$$dl = \frac{dW}{\rho - \gamma W^2}.$$

La solution de cette équation différentielle est :

$$e^{2\sqrt{\rho\gamma}(l-l_0)} = \frac{\sqrt{\frac{\rho}{\gamma}} + W}{\sqrt{\frac{\rho}{\gamma}} - W}$$

d'où :

$$W = \sqrt{\frac{\rho}{\gamma}}\ \operatorname{th}\sqrt{\rho\gamma}\,(l - l_0).$$

Si en $l = 0$, se trouve un récepteur de résistance W_r, on obtient :

$$W = \sqrt{\frac{\rho}{\gamma}}\,\frac{W_r + \sqrt{\frac{\rho}{\gamma}}\ \operatorname{th}\sqrt{\rho\gamma}\,l}{W_r \operatorname{th}\sqrt{\rho\gamma}\,l + \sqrt{\frac{\rho}{\gamma}}}.$$

Quand l devient très grand, W tend vers $\sqrt{\frac{\rho}{\gamma}}$ *quel que soit* W_r ; il en est de même lorsque $W_r = \sqrt{\frac{\rho}{\gamma}}$, donc en tous les points d'une ligne indéfinie, pour ces cas particuliers, on observe la même impédance qui a reçu pour cette raison le nom d'impédance caractéristique. L'impédance caractérique complexe est donc pour une ligne naturelle :

$$[Z] = \sqrt{\frac{R + iL\omega}{G + iC\omega}}$$

l'impédance caractéristique réelle est :

$$Z = \sqrt[4]{\frac{R^2 + L^2\omega^2}{G^2 + C^2\omega^2}}$$

et l'angle de décalage φ est :

$$\varphi = \frac{1}{2}\left(\text{arc tg}\,\frac{L\omega}{R} - \text{arc tg}\,\frac{C\omega}{G}\right) = \frac{\tau - \gamma}{2}.$$

La puissance extérieure qu'un transmetteur peut fournir, étant donné le régime de transmission, est complètement déterminée, puisqu'au départ on a :

$$P_t = V_{d\text{eff}}\, I_{d\text{eff}} \cos\varphi$$

$$Z = \frac{V_{d\text{eff}}}{I_{d\text{eff}}}$$

$$\varphi = \frac{1}{2}\left(\text{arc tg}\,\frac{L\omega}{R} - \text{arc tg}\,\frac{C\omega}{G}\right).$$

Calculons le rendement d'une section de ligne indéfinie.

Soient, en un point d'abscisse l : P la puissance réelle transmise ; π, la puissance magnétisante transmise

$$P = V_{\text{eff}} I_{\text{eff}} \cos\varphi,$$
$$\pi = V_{\text{eff}} I_{\text{eff}} \sin\varphi.$$

La puissance dissipée dans un élément de ligne de longueur dl où la différence de potentiel entre fil et terre est V_{eff} et l'intensité I_{eff}, est :

$$dP = (R I^2_{\text{eff}} + G V^2_{\text{eff}})\,dl$$

ou, comme

$$Z = \frac{V_{\text{eff}}}{I_{\text{eff}}} \text{ et } P = V_{\text{eff}} I_{\text{eff}} \cos\varphi.$$

Digitized by Google

on a :

$$dP = \left(\frac{R}{Z\cos\varphi} + \frac{GZ}{\cos\varphi}\right) P\,dl;$$

d'où en intégrant :

$$P = P_0 l^{\left(\frac{R}{Z\cos\varphi} + \frac{GZ}{\cos\varphi}\right) l},$$

P_0 étant la puissance disponible en $l = 0$.

De cette formule, on déduit :

$$V_{eff} = V_{0eff} l^{\frac{1}{2}\left(\frac{R}{Z} + GZ\right)\frac{1}{\cos\varphi} l} = V_{0eff}\, e^{\beta l}$$

$$I_{eff} = I_{0eff} l^{\frac{1}{2}\left(\frac{R}{Z} + GZ\right)\frac{1}{\cos\varphi} l} = \frac{V_{0eff}}{Z} e^{\frac{1}{2}\left(\frac{R}{Z} + GZ\right)\frac{1}{\cos\varphi} l} = \frac{V_0^{eff}}{Z} e^{\beta l},$$

En téléphonie on considère la *constante d'affaiblissement* :

$$\beta = \frac{1}{2}\left(\frac{R}{Z} + GZ\right)\frac{1}{\cos\varphi}.$$

Le rendement d'un tronçon de ligne de longueur l est :

$$\eta = e^{-\left(\frac{R}{Z} + GZ\right)\frac{1}{\cos\varphi} l} = e^{-2\beta l}$$

d'après la formule qui donne P.

Si, au lieu de considérer la puissance réelle P, on considère la puissance magnétisante π, on trouve

$$\pi = \pi_0 e^{\left(\frac{L\omega}{Z} - C\omega Z\right)\frac{1}{\sin\varphi} l}$$

d'où $\beta = \frac{1}{2}\left(\frac{L\omega}{Z} - C\omega Z\right)\frac{1}{\sin\varphi}$ (on pourra vérifier que cette valeur est la même que celle précédemment trouvée).

Le rendement est maximum quand β est minimum, ce qui a lieu pour $\varphi = 0$ et :

$$Z = Z_M = \sqrt{\frac{R}{G}};$$

en comparant avec la valeur de Z donnée plus haut, on voit que pour β minimum

$$\frac{R}{G} = \frac{L\omega}{C\omega}.$$

La valeur du rendement maximum s'exprime alors par la formule :

$$\eta_M = e^{-2\sqrt{RG}\,l}$$

et le minimum de β devient $\beta_m = \sqrt{RG}$ qui ne dépend pas de la fréquence : la ligne à affaiblissement minimum est donc sans distorsion. Ce qui suppose R, G, L, C, indépendants de la fréquence. Pratiquement pour le papier et la gutta, qui sont les isolants usuels en téléphonie, la perditance n'est pas constante.

Quand β est minimum, on a :

$$V_{eff} = V_{0eff} e^{\sqrt{RG}\,l},$$

et

$$I_{eff} = I_{0eff} e^{\sqrt{RG}\,l} = V_{0eff}\sqrt{\frac{G}{R}}\, e^{\sqrt{RG}\,l},$$

V et I étant en phase, π est nul en tout point de la ligne.

Au moment du minimum on a :

$$\frac{R}{Z\cos\varphi} = \frac{GZ}{\cos\varphi};$$

d'où :

$$RI^2_{eff}\,dl = GV^2_{eff}\,dl;$$

et à chaque instant

$$Ri^2\,dl = Gv^2\,dl;$$

d'où on conclut que le rendement de la ligne est maximum lorsque la puissance dissipée dans le conducteur est égale à la puissance dissipée dans le diélectrique.

Mais lorsque le rendement est maximum, on a aussi :

$$\frac{R}{L} = \frac{G}{C} \quad \text{et} \quad \varphi = 0;$$

d'où : $\frac{1}{2} Li^2\,dl = \frac{1}{2} Cv^2\,dl$. Ce qui signifie que l'énergie magnétique et l'énergie électrique, emmagasinées dans le diélectrique qui entoure le conducteur, sont à chaque instant égales entre elles.

Exprimons β en fonction de $\beta_m = \sqrt{RG}$; M. Viard trouve :

$$\beta = \beta_m \frac{\left(\frac{Z_M}{Z} + \frac{Z}{Z_M}\right)}{2}\frac{1}{\cos\varphi} = \beta_m \left(\frac{\sqrt{\frac{\cos\tau}{\cos\gamma}} + \sqrt{\frac{\cos\gamma}{\cos\tau}}}{2}\right)\frac{1}{\cos\varphi} =$$

$$\beta_m \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{\sin^2\varphi}{\cos^2\delta}}}.$$

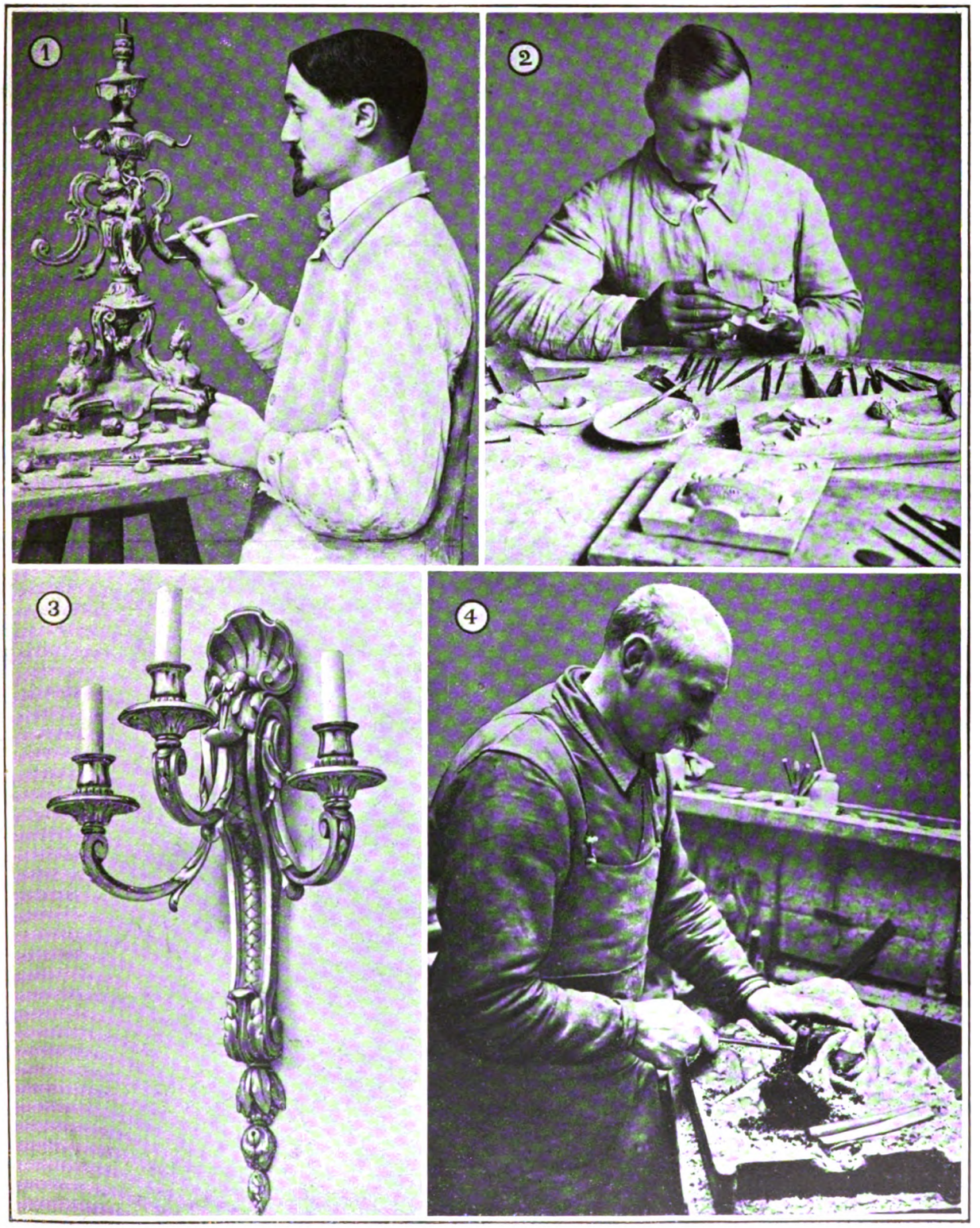
Si $\left(\frac{L\omega}{R}\right)^2$ et $\left(\frac{C\omega}{G}\right)^2$ sont petits devant l'unité, on peut écrire :

$$\beta = \frac{R}{2}\sqrt{\frac{C}{L}} + \frac{G}{2}\sqrt{\frac{L}{G}} = \beta_m \left[\frac{\sqrt{\frac{L_M}{L}} + \sqrt{\frac{L}{L_M}}}{2}\right].$$

M. Viard termine son très intéressant article en étudiant les moyens pratiques employés ou proposés pour l'amélioration du rendement des lignes.

Nous avons analysé longuement l'article de M. Viard en pensant qu'il intéresserait vivement un grand nombre d'électriciens; nous leur signalerons aussi, que l'étude de la transmission dans les lignes est faite également dans le tome II (édition 1916) des « Leçons d'électrotechnique générale » professées à l'École supérieure d'Electricité par P. Janet, professeur à la Faculté des Sciences de Paris et directeur du Laboratoire central et de l'École supérieure d'Électricité.

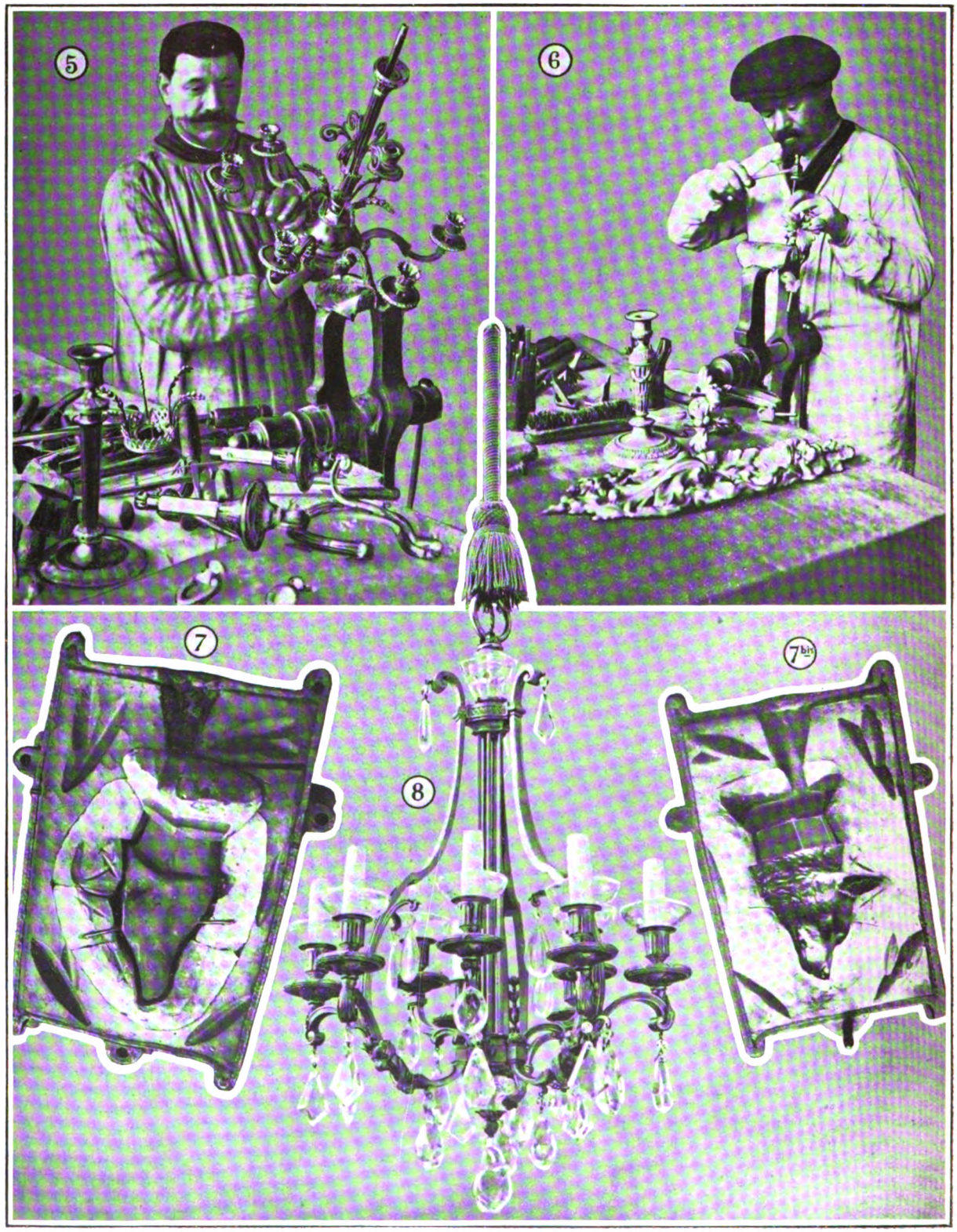
Digitized by Google



FABRICATION DES APPAREILS D'ÉCLAIRAGE ARTISTIQUES (Texte p. 457-460).

Fig. 1. Le sculpteur-modeleur travaillant une maquette en pâte plastique. — Fig. 2. Sculpteur réparant une pièce en plâtre. Fig. 3. Applique — Fig. 4. Le mouleur-fondeur battant les pièces d'un moule.

Digitized by Google



FABRICATION DES APPAREILS D'ÉCLAIRAGE ARTISTIQUES (Texte p. 457-460).

Fig. 5. Monteur remontant un lustre. — Fig. 6. Ciseleur. — Fig. 7 et 7 *bis*. Un moule à noyau. — Fig. 8. Lustre.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

De la fabrication des appareils d'éclairage artistiques

L'industrie de la fabrication du bronze d'art pour l'éclairage, qui était très prospère en France avant la guerre, est une de celles où les qualités de goût, de mesure de nos artistes et spécialistes de l'ornementation trouvaient le mieux à s'exercer en s'inspirant des modèles des styles anciens qu'ils adaptaient aux nécessités de l'éclairage moderne. Dans cette étude, l'auteur montre les étapes successives par lesquelles passent la conception et l'exécution définitive d'un appareil artistique d'éclairage.

La fabrication en bronze des appareils d'éclairage ayant un caractère artistique comporte une série d'opérations toutes plus délicates les unes que les autres; elle a pour but de reproduire les œuvres que les artistes ornemanistes ou statuaires exécutent ordinairement en plâtre.

Cette industrie relève de l'art du dessin, et une main d'artiste seule peut créer un modèle; de cette origine il découle que les travaux de fonte, ciselure, monture ne doivent être confiés qu'à des ouvriers habiles possédant des notions de dessin et de modelage.

Le bronze d'éclairage comprend une certaine quantité d'applications bien différentes: lustres, bras de lumière, lanternes torchères, lampes, flambeaux, girandoles où l'ornement ne règne pas à titre exclusif; on y voit parfois l'utilisation heureuse de la figure.

1. — La création de l'objet est due le plus souvent au crayon du dessinateur quoique, assez fréquemment, le sculpteur-modeleur soit aussi un créateur heureux et un bon dessinateur.

Dès qu'une idée a germé dans le cerveau de l'artiste, il fixe celle-ci sur le papier avec toute la fougue de son imagination et imprime à sa composition le caractère indélébile d'une œuvre d'art propre à son tempérament; pour s'inspirer, il s'adresse alors aux ouvrages des maîtres autorisés de l'époque correspondant à celle de son projet, qu'elle soit ancienne ou moderne; il y puise les matériaux nécessaires qu'il interprète suivant les exigences de sa composition, car le programme est invariable: tenir compte de la décoration de la pièce à éclairer, de ses proportions en profitant des progrès accomplis dans cette branche de l'éclairage par l'application de l'électricité. Il cherche la ligne gracieuse et aimable; il s'attache ensuite aux détails et s'efforce de donner à son ensemble un caractere précieux: en un mot, il recherche un effet agréable et décoratif qui est le propre des objets de cette nature. Lorsqu'il juge son étude satisfaisante, il remet celle-ci entre les mains du sculpteur-modeleur qui commence alors la série des opérations successives de la fabrication.

2. — Le premier soin de l'artiste ornemaniste, lorsqu'il a reçu le projet, c'est d'établir la maquette en pâte plastique (plastiline) afin de reproduire en relief ce que le dessin donne à plat, car à ce dernier il manque un élément important, le volume; la maquette comble cette lacune en donnant l'image de l'appareil dans ses formes et dimensions réelles et, si l'appareil en étude comporte l'adjonction de pendeloques et guirlandes de cristaux, on les y ajoute, ce qui permet de juger de l'ensemble et d'éviter les erreurs toujours possibles.

Cette maquette au point et définitivement adoptée, l'artiste en pousse le modelage des différents détails en s'approchant le plus près possible de la perfection. Lorsque ce travail est achevé et que les coupes ont été déterminées (car tous les éléments sont détachés pour la facilité de la fonte et de la ciselure et réunis ensuite par le monteur), il procède alors au moulage.

Le mouleur confectionne le moule où sera coulée en plâtre l'épreuve définitive; lorsque cette dernière est dépouillée de son enveloppe, elle apparaît avec toutes les imperfections et insuffisances inhérentes à un travail exécuté en matière molle et sans consistance; le sculpteur alors, avec des outils coupants (gouges, fermoirs) ou autres (touches, pointes, râpes), donne de la fermeté aux lignes, de la précision aux contours, ajoute les détails qui n'ont pu être indiqués dans le modelage, en un mot termine la pièce.

Celles à surface circulaire, pièces d'enfilage, porte-bougie, fûts de colonne, etc., qui sont ornées de motifs décoratifs à répétition, comme les oves, gaudrons, canaux, perles, entrelacs, raies de cœur, etc., sont tournées en plâtre à même le saumon, et les ornements pris dans la masse.

Les pièces d'architecture sont également prises dans la masse; si elles sont de dimensions plus importantes, elles sont terminées au calibre.

Toutes ces pièces, délicates et fragiles, achevées, sont alors confiées au mouleur-fondeur.

3. — Pour les bronzes d'art, d'ameublement et d'éclairage qui sont destinés à être reproduits à un nombre

Digitized by Google

d'exemplaires illimité, on emploie pour la fonte le procédé dit de la fonte au sable, à pièces détachées. Les modèles sur plâtre sont traités par le même procédé, mais demandent des soins d'exécution tout particuliers et ne doivent être confiés qu'à des ouvriers habiles et soigneux.

Pour la fonte des pièces de petites dimensions qui restent massives, on procède de la façon suivante : le mouleur place la pièce (un moule se compose souvent de plusieurs modèles différents) sur un lit de sable spécial, convenablement humecté; par légère pression il l'enfonce dans ce lit jusqu'à la moitié de son épaisseur, puis il complète la chape en battant avec le même sable une série de pièces s'ajustant les unes sur les autres, et arrive ainsi à enfermer complètement le modèle dans une enveloppe suffisamment épaisse. Le moule terminé, le mouleur en retire toutes les pièces une à une pour enlever le modèle, puis les remet toutes à leur place; elles forment alors les parois d'une cavité qui sera comblée par le métal.

Pour la fonte tirée d'épaisseur, le moule se complique du noyau. Le moule étant séché au degré voulu, on s'en sert pour confectionner une épreuve en sable de la pièce que l'on se dispose à fondre, cette épreuve va servir de noyau; par un grattage bien régulier, on maigrit l'épreuve de 2 à 4 mm suivant les besoins ; ce noyau replacé dans le moule laisse entre lui et les parois de la chape un vide correspondant à l'épaisseur enlevée, c'est cet espace vide qui recevra le métal en fusion et qui constituera l'épreuve.

Ce noyau est calé dans la chape au moyen d'une armature qui l'empêche de se déplacer. Ceci fait, on referme le moule, on le porte à l'étuve pour le faire sécher à un degré convenable et on procède ensuite à la coulée.

La confection d'un moule demande une suite de précautions indispensables et de soins particuliers; il faut pratiquer des évents qui, permettant à l'air de s'échapper au moment où le bronze en fusion pénètre, évitent les explosions et les soufflures; des chemins par où le métal peut s'introduire instantanément dans les différentes parties du moule avant qu'il n'ait subi un abaissement sensible de température.

Il faut aussi compter avec le retrait; à cet effet, dans le noyau, on pratique des petits couloirs appelés lanternes; ces lanternes ont pour but, en donnant une élasticité relative au noyau, d'éviter que celui-ci n'offre trop de résistance à l'action du métal en se refroidissant.

Les moules et noyaux ne peuvent servir qu'une seule fois, car pour démouler il faut les briser.

En sortant du moule les pièces sont livrées au ébarbeur qui enlève les tiges qui réunissent les pièces et y adhèrent; elles sont formées par les jets par où le métal a pénétré dans le moule.

4. — Il s'en faut de beaucoup que la pièce en sortant du moule soit présentable; les imperfections du moulage, les coutures, les jets, les soufflures, le sable resté dans les fonds lui donnent des apparences les moins séduisantes; en outre, elle est revêtue de teintes inattendues, le rouge vif et flamboyant, le mordoré, les bruns profonds nuancés jusqu'au violet laissent deviner le travail tourmenté du métal en fusion, elle porte aussi des traces nitreuses; par le décapage, on fait disparaître le sable et toutes les belles couleurs en donnant au métal son ton naturel et uniforme. Le travail de ciselure à son tour fait disparaître les traces du moulage et les petits accidents de la coulée.

Le ciseleur ébauche d'abord la pièce en enlevant jets et coutures et bouchant, au moyen de rivets taraudés, les trous produits par les soufflures; avec les planoirs, les mats, les rifloirs, il vient ensuite modeler les ornements, dresser les lignes, affermir les nervures et les contours ; il doit préparer le modèle pour les moulages futurs, se préoccuper de la dépouille qui facilitera le travail du mouleur en évitant la multiplication des pièces à battre. Il est évident que le ciseleur à qui est confié ce travail doit posséder quelques notions sur l'art du moulage, il doit avoir également une sérieuse éducation artistique, il faut aussi qu'il ait assez d'empire sur lui-même pour ne pas se laisser aller à des fantaisies intempestives qui risqueraient de priver le modèle de l'esprit et du sentiment que l'artiste sculpteur-modeleur s'est efforcé d'y apporter.

5. — La pièce terminée est, si besoin est, confiée au tourneur qui doit être un homme de goût pour ne pas, en modifiant maladroitement les profils, donner à celle-ci un caractère de banalité alors qu'elle en était d'abord exempte.

Le monteur enfin vient terminer la série des opérations qui ont concouru à l'établissement du modèle ; il prépare les coupes et les ajustages, dresse à la lime les lignes d'architecture, travail délicat entre tous et qui réclame de sa part une sûreté et une légèreté de main extrêmes et un coup d'œil exercé ; il prépare l'assemblage des différentes pièces qui, réunies à l'épreuve définitive, formeront l'ensemble projeté. Ce travail assez compliqué est généralement confié à des ouvriers monteurs choisis parmi les plus industrieux, les plus soigneux, les plus intelligents et surtout sachant lire un dessin.

Le modèle est terminé et prêt pour l'exécution à autant d'exemplaires qu'il sera nécessaire.

6. — Nous allons parler maintenant de l'exécution proprement dite, de la fabrication de l'épreuve définitive destinée à compléter la décoration de l'emplacement qu'elle doit occuper, vestibule, salon, salle à manger, boudoir ou autres et qui doit pourvoir à son éclairage: nous allons voir que la même série d'opérations va se renouveler en se complétant.

La pièce est d'abord confiée au mouleur-fondeur pour qui le travail est le même que pour le modèle, sauf que le maniement en est moins délicat, puisque cette pièce est non plus en plâtre, mais en métal.

Pour le ciseleur, il doit, comme pour le modèle, ébaucher d'abord la pièce après l'avoir décapée, mais ensuite

Digitized by Google

il n'a plus à se préoccuper de la dépouille, mais il lui faut la décorer avec le ciselet et la marteline, lui donner de la couleur en appliquant des mats différents suivant qu'il traite une feuille ornementale, une fleur ou une figure animale; il doit posséder des connaissances assez étendues sur la ciselure à toutes les époques, car le travail n'est pas le même pour tous les styles. C'est par des visites fréquentes dans nos musées et l'observation des pièces qui s'y trouvent qu'il acquerra ces connaissances indispensables à l'exécution d'un travail essentiellement artistique; il doit aussi tenir compte de l'aspect que devra présenter l'ouvrage lorsqu'il sera doré, argenté ou bronzé. On conçoit aisément que l'ouvrier d'art qui est appelé à résoudre de tels problèmes doit être, avant tout, un homme de goût

Le tourneur procède comme pour le modèle et le monteur vient ensuite réunir toutes les pièces formant un ensemble au moyen de vis, d'écrous et de soudures; il perfore les branches, les rinceaux par où doivent passer les fils conducteurs de l'électricité. Ce dernier travail est souvent exécuté avant la ciselure, car il nécessite des coupes dans les parties cintrées de la pièce, qui est reconstituée par la soudure, opération qui ne manquerait pas de causer des dommages à un travail de ciselure soigné.

Une des qualités principales du monteur en bronze est d'avoir un coup d'œil extrêmement juste; en effet il lui faut monter bien d'aplomb les rinceaux, branches, montants, motifs, etc., il faut aussi qu'il rectifie les lignes que les travaux précédents ont plus ou moins déformées et qu'il rétablisse la symétrie entre elles, il doit surtout ne pas manquer de goût.

Je répète souvent cette nécessité d'avoir du goût pour chacun des artisans qui prennent une part quelconque à l'exécution d'un appareil artistique, parce que cette industrie, essentiellement d'art et de goût, manquerait son but s'il en était autrement; je le répéterai encore en parlant du travail des décors et patines.

Le travail d'assemblage terminé, l'objet est démonté, décapé à nouveau et confié au ciseleur-ragréeur, qui examine avec soin les pièces une à une; son intervention a pour but de faire disparaître les traces de soudures, les rivets mis après coup, les traces des chocs, les éraflures, en un mot tous les petits accidents qui ont pu se produire au cours du travail de monture et de tournure. Cet examen terminé, le tout passe au décor.

7. — Il y a une assez grande diversité de décors appliqués aux bronzes d'éclairage artistiques.

Le cuivre poli — qui convient surtout aux appareils du XVI^e^ siècle et du commencement du XVII^e^; il est laissé, soit sous son aspect brillant ou plus souvent oxydé au moyen d'évaporations d'acides aux émanations desquelles on l'expose.

Le verni ton or — un des moins recommandables, parce que, appliqué au pinceau, il est sans finesse et de peu de durée; il est surtout employé pour les appareils de commerce courant et de peu de valeur artistique; on arrive cependant à des résultats à peu près satisfaisants par l'emploi judicieux des patines; malgré cela, il conserve un aspect clinquant et sans distinction.

La dorure au bain galvanique — qui est le décor le plus usité; tout l'art du décorateur réside dans l'application des patines. La pièce, en sortant des bains de dorure, est brillante et d'un ton uniforme, elle a un aspect désagréable; le décorateur par des brunis, des parties mates et des patines obtenues par des émanations sulfureuses, le feu ou d'autres moyens, donne à la pièce le charme que l'on apprécie tant dans les belles œuvres de nos musées et qui met en valeur le travail de ciselure, en terme de métier : il fait chanter la pièce. Dois-je répéter que l'ouvrier à qui est confié ce travail des patines doit avoir un goût sans défaillance sans lequel il n'obtiendrait que des banalités lamentables; il doit visiter souvent les salles des musées, examiner les patines que revêtent les pièces anciennes qui y sont exposées, c'est là qu'il acquerra la maîtrise nécessaire pour nous doter de pièces ayant un caractère vraiment artistique.

La dorure au mercure — appliquée au gratte-bosse; ce gratte-bosse est composé d'un ensemble de fils métalliques ligaturés ensemble; le doreur s'en sert pour étendre l'or dissous par le mercure, la pièce prend alors une teinte plombée, sous l'action du feu celui-ci s'évapore pour ne laisser subsister que l'or; ce procédé est soumis au même travail de patines que le précédent. Cette dorure n'est pas communément employée parce qu'elle est dangereuse pour la santé de l'ouvrier qui l'applique et très coûteuse. L'époque de l'Empire nous a laissé des spécimens remarquables de dorure au mat mercure.

Aujourd'hui, on obtient assez facilement les tons se rapprochant de cette dorure en soumettant la dorure au bain à des immersions dans un bain de nitrate avec évaporation par le feu; cette dorure, quoique résistante, n'a pas la durée presque indéfinie de celle obtenue par le procédé au mercure; elle n'en a pas non plus la richesse.

L'argenture — qui n'a guère d'autres patines que l'oxydation poussée plus ou moins. D'ailleurs, l'argent s'oxyde de lui-même et devient rapidement noir; on a bien essayé de remédier à cet inconvénient par l'application de vernis incolores qui doivent préserver la pièce du contact de l'air, mais l'expédient ne donne pas toujours le résultat qu'on en attend.

8. — Il nous reste à examiner les patines de bronze, c'est ce que nous allons faire dans le chapitre suivant.

Les patines de bronze sont employées pour le décor des appareils d'éclairage reproduits de l'antique; pour ceux de quelque importance destinés à éclairer soit un vestibule, un escalier, une galerie, comme les bras de lumière, lanternes, torchères par exemple; pour les figurines qui complètent assez souvent les motifs d'ornements dans les appareils des XVII^e^, XVIII^e^ et commencement du XIX^e^ siècle; pour les grandes parties unies de certains appareils de l'époque de l'Empire.

Digitized by Google

Ces patines s'obtiennent par l'application d'un verni ou par oxydation artificielle au moyen de combinaisons chimiques.

Le procédé au verni a l'avantage d'être peu coûteux, d'un emploi facile et rapide, il a l'inconvénient d'être grossier et de peu de durée; si on l'applique au pinceau il laisse presque toujours des traces fâcheuses, si on procède par immersion, le verni en se figeant dans les fonds risque d'empâter les détails, le procédé au verni doit donc être rejeté pour le décor des pièces artistiques.

Le procédé par oxydation modifie le métal; cette oxydation pénètre assez profondément pour donner à la patine une durée presque indéfinie, elle permet, en frottant la pièce, d'éclaircir les dessus, ce qui a pour résultat d'accuser doucement les formes et les détails; la pièce conserve un aspect métallique qui fait complètement défaut à celle traitée au verni, ce procédé permet d'obtenir une grande diversité de teintes qu'il est possible de nuancer à l'infini par l'emploi plus ou moins large de certains produits.

Pour les bronzes florentins, c'est par l'acide pyrogallique ou par des bains d'acide sulfurique dans lequel on a jeté de la tournure de fer qu'on les obtient : en sortant du bain on enduit copieusement la pièce d'ocre jaune; après l'avoir exposée à un feu doux on la nettoie, on l'encaustique, on la fait sécher, puis on la frotte jusqu'à ce qu'elle ait pris tout l'éclat désiré.

Pour les patines brunes on a recours aux bains de sulfhydrate d'ammoniaque, après le bain on expose à plusieurs reprises la pièce à un feu doux; entre chaque chauffe on la frotte de jaune de chrome, de sanguine ou de noir de fumée suivant la nuance que l'on désire obtenir, on l'encaustique, puis on la brosse après l'avoir fait sécher.

On emploie le perchlorure de fer pour les patines rouges; l'acide acétique ou les sels d'ammoniaque donnent la patine verte; quant à la patine noire, c'est aux préparations arsenicales qu'on la demande.

Il y a aussi une patine gris bleu foncé qui est employée pour les parties unies, elle n'est jamais appliquée sur l'ensemble d'un objet, elle complète d'ordinaire le décor de cet objet où l'or domine.

Dans les pièces délicates du XVIII^e^ siècle, on trouve l'utilisation de l'émail bleu à chaud sur fond argent, ce décor a été employé notamment pour les thyrses, les panses de vase et autres petites parties unies.

C'est par une grande pratique que l'ouvrier acquiert le tour de main nécessaire à la réussite des belles patines; dans ce domaine, le bronzeur a toute latitude pour donner libre cours aux caprices de son imagination, parfois ses recherches le conduisent à une nuance inédite, il en note alors la formule dont il garde le secret avec un soin jaloux.

Après le décor, les pièces retournent au monteur qui remonte les pièces, passe les fils conducteurs dans les branches et rinceaux et donne un dernier coup d'œil à l'ensemble. L'appareil est prêt, il peut maintenant occuper la place qui lui est assignée.

Après cette dissertation sur la fabrication des appareils d'éclairage artistiques en bronze, je crois bon d'ajouter que ces appareils ne sont pas toujours exclusivement en bronze; il y en a où le marbre joue un rôle décoratif, d'autres où l'on utilise la transparence de l'albâtre pour dissimuler les lampes électriques dans des vases ou des vasques qui ne laissent passer qu'une lumière atténuée; quelques-uns ont leurs parties massives en bois sculpté et décoré et leurs parties grêles en bronze; il y en a aussi de délicats où les fleurettes en porcelaine de Saxe servent de complément.

Indépendamment de ces derniers on exécute des appareils entièrement en bois sculpté, doré ou décoré; d'autres sont en fer forgé et tôle relevée au marteau, ils sont décorés de différentes manières, soit noircis au feu et frottés pour obtenir des clairs qui sont le fer naturel, soit peints vert foncé ou clair, vieux bleu ou gris avec des parties dorées à la feuille et patinés ensuite pour obtenir des tons moins vifs et des ors moins brillants. Dans cet ordre d'idée, on arrive à des résultats qui, souvent, sont de véritables manifestations d'art.

Par ce qui précède, on conçoit combien le fabricant soucieux du bon renom de sa maison doit apporter de soin dans le choix de ses collaborateurs; certes, il ne peut prétendre à avoir un personnel exécutant composé exclusivement d'ouvriers d'art hors ligne, ils ne sont pas assez nombreux; mais tel ouvrier qui, livré à lui-même est insuffisant peut, s'il est bien dirigé, produire un travail satisfaisant; il doit donc porter toute son attention sur l'élément directeur et n'accorder sa préférence qu'à celui capable de faire preuve d'une éducation artistique achevée et indiscutable. Faute d'avoir observé ces principes élémentaires, le bronzier voit la clientèle de haut goût s'éloigner de sa maison et dédaigner ses produits; au contraire, s'il a été heureux dans son choix, cette clientèle intéressante, attirée par sa réputation de goût et de bon faiseur, fréquente les salons où sont exposés ses modèles.

G. Poux,
Dessinateur-sculpteur.

Digitized by Google

Sur l'éclairage artificiel des ateliers

Analyse du rapport de la Commission anglaise chargée, en 1915, par le Ministre de l'Intérieur de faire une enquête sur les conditions actuelles de l'éclairage artificiel des ateliers. Les industriels y trouveront des renseignements intéressants sur les causes et les effets d'un éclairage insuffisant. Dans la conclusion sont développées quelques règles, précisées par des chiffres et applicables à l'éclairage des ateliers, des couloirs et passages, des cours et de leurs abords.

Sur l'invitation du ministre de l'Intérieur anglais, une Commission s'est réunie, en 1913, pour étudier scientifiquement les conditions auxquelles doit satisfaire l'éclairage des différentes parties d'une usine et proposer au ministre, comme résultat de leur enquête, la promulgation de quelques règlements généraux, destinés, en particulier, à imposer aux industriels des éclairages suffisants pour prévenir tout accident de ce fait.

Il est assez curieux de constater que les lois et règlements des divers pays civilisés ne contiennent rien de précis sur ce sujet; on trouve tout juste, dans les règlements danois et suédois relatifs à l'installation des écoles, l'indication que l'éclairement sur le pupitre de l'écolier doit être au moins 24 lux. On trouve bien quelques règles imposant une surface minimum aux fenêtres et portes de certaines catégories de bâtiments, mais, tout au moins en ce qui concerne l'éclairage, ces règles ne semblent pas avoir de base scientifique et, d'ailleurs, il n'y est jamais fait allusion à l'éclairage artificiel.

La Commission anglaise a publié, en 1915, un premier rapport contenant quelques considérations générales concernant aussi bien l'éclairage naturel que l'éclairage artificiel de quelque nature qu'il soit.

Au moment où de nouvelles usines se construisent de tous côtés, nous pensons qu'il peut être utile d'analyser rapidement ici ce rapport, tout au moins en ce qui concerne la partie relative à l'éclairage artificiel.

Le rapport débute par quelques indications sur la méthode de travail adoptée par la Commission : audition de cinquante témoins appartenant à toutes les professions intéressées, inspecteurs du travail, médecins-experts, ingénieurs-experts en matière d'éclairage, architectes, représentants de sociétés scientifiques, de syndicats patronaux ou ouvriers — analyse de 31 réponses reçues à des lettres-circulaires envoyées à 79 associations d'employés ou d'employeurs — analyse de questionnaires retournés par des inspecteurs du travail.

L'étude fut limitée aux filatures, aux tissages et aux établissements de construction mécanique, ces industries ayant été choisies comme celles employant le personnel le plus nombreux et aussi comme présentant une grande diversité dans leurs caractères et par suite dans leurs besoins.

La Commission visita 86 usines appartenant à ces catégories d'industrie. Elle jugea nécessaire de posséder des données précises sur la valeur des éclairements (naturel ou artificiel) utilisés actuellement dans les usines. Dans ce but, 4 000 mesures d'éclairement furent faites dans 163 locaux appartenant à 57 usines différentes; ces mesures précédaient la visite de la Commission qui possédait ainsi, à son arrivée, les données nécessaires pour asseoir son jugement.

Enfin, une chambre fut préparée au National Physical Laboratory dans laquelle on pouvait obtenir à volonté toute une gamme d'éclairements; des essais y furent faits avec l'aide d'ouvriers spécialistes pour déterminer l'éclairement nécessaire à l'accomplissement des diverses opérations de l'industrie du tissage.

Nous ne citons ici tous ces chiffres que pour permettre d'apprécier avec quelle ampleur et quel soin cette étude fut conduite et de juger par suite la valeur qui peut être attribuée à ses conclusions.

Le rapport insiste d'abord sur la différence entre l'éclairement d'une surface qui dépend simplement de la quantité de lumière qu'elle reçoit de la source et son éclat qui dépend de la portion de la lumière incidente qu'elle réfléchit vers l'œil. Cet éclat est fonction de la nature de la surface, de l'incidence sous laquelle on la voit, de la composition de la lumière incidente.

A la notion d'éclat se rattache celle d' « éblouissement ». Ce terme est communément employé pour définir l'effet produit sur l'œil par l'observation du soleil ou d'un métal en fusion; il est maintenant étendu à tous les phénomènes dans lesquels la lumière émanant d'une source ou d'un objet brillant pénètre dans l'œil en y causant de la gêne, en provoquant des maux de tête ou d'autres troubles pouvant amener éventuellement une diminution de la capacité visuelle de l'individu.

Parmi ces phénomènes, on peut citer :

1° L'observation directe d'une source de lumière très brillante, telle qu'un arc électrique. L'œil est ébloui temporairement et la vision est troublée pendant un certain temps, même après que la lumière a cessé de pénétrer dans l'œil;

2° La présence de sources lumineuses brillantes au voisinage des limites du champ de la vision.

Un observateur peut ne jamais regarder directement ces sources de lumière, mais il est cependant gêné par leur présence au voisinage de la direction dans laquelle il observe un objet. C'est la forme la plus commune de l' « éblouissement ».

Les phénomènes 1° et 2° sont l'un et l'autre attribuables à la présence de sources lumineuses sans abat-jour;

Digitized by Google

3° L'effet produit par la surface de l'étoffe, du métal, du papier, etc., sur lequel on travaille, si elle est brillante ou polie et réfléchit directement dans l'œil de l'ouvrier la lumière provenant d'une source lumineuse.

Beaucoup d'étoffes, le satin par exemple, ont un « reflet », c'est-à-dire possèdent le pouvoir de réfléchir régulièrement la lumière, leur travail en est rendu très fatigant à moins que l'ouvrier ne se place de manière qu'aucun rayon réfléchi n'atteigne son œil.

Causes d'un éclairage insuffisant. — Si la Commission a pu constater que dans un grand nombre d'ateliers l'éclairage naturel était encore insuffisant (pour diverses raisons sur lesquelles nous n'insisterons pas ici), elle a observé au contraire que, en général, l'éclairage artificiel des usines avait été grandement amélioré pendant ces dernières années.

Un éclairage artificiel insuffisant peut être attribué à un nombre restreint de causes :

1° Trop petit nombre de sources lumineuses ou sources de trop faible intensité. Ceci a été observé principalement dans l'éclairage général des grands ateliers de mécanique, des fonderies et aussi des passages et issues des divers types d'usine;

2° Mauvais système d'éclairage. — On rencontre encore dans des aciéries de simples jets de gaz, éclairage consacré par une vieille habitude, qui vicie l'air, qui vascille et qui est si peu économique que le faible capital nécessité par son remplacement serait rapidement remboursé par la diminution de la consommation;

3° Diminution de la quantité de lumière à certaines heures due soit à la baisse de pression du gaz, soit à la chute de tension de dynamos insuffisantes aux heures de grande consommation;

4° Négligence dans l'entretien. — Manchons incandescents ou filaments de lampes détériorés, couche de poussière déposée sur les globes, etc.;

5° Obstruction intérieure. — Plus rare que dans le cas de la lumière naturelle, parce qu'on a toujours la possibilité de déplacer les sources lumineuses. Cet inconvénient peut se présenter quand on a affaire à des machines grandes et compliquées comme les métiers Jacquart, ou quand il y a des ponts roulants; dans ce dernier cas, on trouve un gros avantage à avoir une série de lampes placées sous le pont roulant et se déplaçant avec lui;

6° Ombres portées. — Souvent la source est placée de telle manière que de l'ombre est projetée sur l'objet travaillé, soit par le travailleur lui-même, soit par une partie de la machine (machine à coudre, par exemple) ou même par quelque partie de l'objet travaillé (par exemple dans la fabrication des chaussures ou des vêtements).

Effet d'un éclairage insuffisant. — 1° *Accidents.* — Des statistiques portant sur tous les accidents du travail, enregistrés pendant l'année 1913 et une partie de 1914, montrent que les accidents dus à une chute (cause qui semble la plus intimement liée aux conditions d'éclairage) sont beaucoup plus fréquents pendant les mois d'hiver, où on utilise un éclairage artificiel, que pendant les mois d'été; en outre, dans la plupart des industries, le pourcentage d'accident par heure est environ 40 pour 100 plus élevé pour les heures d'éclairage que pendant le jour. Ces comparaisons ne sont pas parfaites parce qu'elles devraient, en toute rigueur, être faites entre un bon et un mauvais éclairage de même nature, mais il n'est cependant pas aventuré de conclure que, dans ce cas, on aurait trouvé des résultats du même ordre.

Des témoins ont signalé à la Commission que dans les calles de construction de navire, la nuit, le nombre des accidents est toujours hors de proportion avec le petit nombre d'ouvriers qui y sont occupés.

Enfin, l'Association des Compagnies d'assurance pour les accidents du travail a répondu à une question qui lui avait été posée. *a*) Que la prime était toujours établie d'abord en supposant que l'éclairage était normal, mais que, si elle s'apercevait qu'il n'en était pas ainsi, ou bien elle exigeait un éclairage suffisant ou bien elle augmentait la prime. *b*) Que l'effet d'un éclairage insuffisant ou défectueux sur le risque d'un accident est très distinctement appréciable.

2° *Troubles de la vision ou de l'état général.* — Il est fréquent que des ouvriers se plaignent de fatigue des yeux ou de maux de tête dus à un éclairage insuffisant. Il y a aussi de fréquents exemples de troubles visuels dus à un phénomène d'éblouissement; mais, sauf dans des cas spéciaux (horlogerie, blanchisserie), il est difficile de reconnaître à ces troubles des caractères spécifiques. Le grand nombre d'ouvriers obligés de porter des lunettes parmi ceux travaillant dans la broderie, le tissage des fils de cuivre, le stoppage, la confection des vêtements, etc., semble indiquer que la pratique de ces professions a une mauvaise influence sur la vue; mais, faute d'une enquête médicale approfondie, il n'est pas possible de rien dire de précis sur ce sujet.

3° *Insalubrité.* — L'insuffisance de lumière permet à la poussière de s'accumuler sans qu'on s'en aperçoive, c'est pourquoi la loi impose un éclairage convenable dans les usines où l'on fabrique des confitures et dans les boulangeries en sous-sol.

4° *Diminution de production.* — Il est généralement admis que, en apportant des perfectionnements à l'éclairage d'une usine, on augmente à la fois la qualité et la quantité de la production. La Commission a été à même de vérifier deux exemples : dans l'un, la production baissait de 12 à 20 pour 100 pendant les heures d'éclairage; dans l'autre, l'installation d'un meilleur système d'éclairage augmenta de 11,4 pour 100 la production.

5° *Relâchement de la discipline.* — Un bon éclairage est essentiel pour permettre de surveiller les ouvriers et de les empêcher de flâner.

Conclusions. — Un éclairage sera satisfaisant et bien choisi :

1° S'il est suffisant pour assurer convenablement le travail au point de vue qualité et quantité;

Digitized by Google

B) S'il ne compromet pas la santé, le confort ou la sécurité des ouvriers.

Pour satisfaire de telles conditions cet éclairage devra :

1° Etre suffisant;

2° Donner un éclairement pratiquement constant et uniforme sur toute la surface de l'objet travaillé;

3° Etre tel qu'aucune lumière ne puisse venir directement d'une source dans l'œil de l'ouvrier quand celui-ci travaille ou regarde horizontalement à travers l'atelier;

4° Ne pas présenter d'ombres portées sur les objets travaillés.

Si l'on veut fixer la valeur numérique que doit présenter l'éclairage des différentes parties d'une usine pour qu'on puisse le considérer comme suffisant, il est nécessaire de considérer séparément :

a) Les ateliers ou les parties d'atelier où les ouvriers travaillent, ce que nous conviendrons d'appeler « la surface de travail »;

b) Les passages, escaliers, vestibules et les autres pièces où les ouvriers circulent, mais ne travaillent pas;

c) Les cours et abords.

Dans la « surface de travail » nous comprendrons l'emplacement des machines-outils, des établis, et aussi les passages et allées séparant les places de travail.

a) *Ateliers.* — Les méthodes d'éclairage des ateliers peuvent être classées comme il suit :

α) Eclairage général, dans lequel l'éclairement produit est sensiblement uniforme dans toute la pièce;

β) Eclairage général local, dans lequel l'éclairement produit est approximativement uniforme dans une ou plusieurs régions de la pièce en question;

γ) Eclairage local, dans lequel chaque source lumineuse a pour objet d'éclairer une partie d'une machine sans que l'on tienne compte de l'action des autres sources lumineuses;

ε) Eclairage général combiné avec éclairage local.

Quand on utilise seulement un éclairage général, il y a peu de danger que le plancher de la pièce soit insuffisamment éclairé, puisque le même éclairement doit suffire pour exécuter le travail, mais avec un éclairage général local, il y a lieu de craindre que certaines parties de l'atelier se trouvent négligées; avec un éclairage local puissant, il est nécessaire de se méfier du contraste qui existe entre l'éclairement intense des places de travail et l'obscurité relative des espaces qui les séparent. Quel que soit l'éclairement nécessaire pour exécuter correctement le travail, il est nécessaire que la « surface de travail » soit suffisamment éclairé pour que les obstacles, la poussière, les déchets soient nettement visibles et, si le travail exécuté est dangereux, pour prévenir tout accident.

La Commission a relevé les éclairements existant actuellement sur les planchers des usines qu'elle a examinées, leur moyenne est de 4,86 lux (0,45 foot candle). Elle en conclut que, en aucun cas :

L'éclairement de la « surface de travail » d'un atelier, mesuré sur un plan horizontal au niveau du plancher, ne doit être inférieur à 2,69 lux (0,25 foot candle), quel que soit l'éclairement nécessaire pour l'exécution du travail.

La Commission réserve pour une étude ultérieure le cas d'un navire en construction ou en réparation et aussi le cas des ateliers comme ceux de fabrication de matériel photographique, où un excès de lumière présente des inconvénients d'ordre technique.

Le cas des fonderies a fait l'objet d'une étude spéciale. Il semble que les fonderies soient actuellement moins éclairées que les autres ateliers; cette habitude ne semble nullement justifiée, bien au contraire la couleur sombre des murs et le besoin de contraste dans les fonderies font que le minimum de 2,69 lux indiqué plus haut et qu'il est nécessaire que, *dans toutes les parties de fonderies où l'on exécute un travail et où l'on circule, l'éclairement mesuré sur un plan horizontal au niveau du sol ne soit pas être inférieur à 4 lux.*

b) *Passages, escaliers, vestibules, etc.* — Un éclairage plus faible que dans les ateliers est généralement suffisant parce qu'il n'y a pas d'obstacles dans le chemin et qu'en outre l'œil n'est pas soumis aux mêmes effets de contraste. Cependant, la Commission a remarqué que cette question était souvent négligée, particulièrement dans les filature de coton, elle conclut :

Dans toutes les parties d'une usine où des employés ont l'occasion de circuler, l'éclairement mesuré sur un plan horizontal au niveau du sol ne doit pas être inférieur à 1 lux.

c) *Cours et abords.* — Ici le but de l'éclairage est de permettre à une personne de ne pas s'écarter de sa route et est en somme comparable à celui qui doit être réalisé dans une rue.

Dans tout endroit où des personnes sont employées la nuit et où il est nécessaire de ne pas s'écarter de sa route, comme dans la traversée d'une cour semée d'obstacles, un minimum de 0,5 lux est nécessaire, il correspond à celui des trottoirs d'une rue bien éclairée.

Si le sol est net (libre de rails et autres obstacles, de marches ou autres variations de niveau), si le fait de s'écarter momentanément du chemin ne présente aucun risque, on peut se contenter d'espacer des sources lumineuses au long de la direction du chemin à des intervalles tels qu'elles servent pour guider la marche comme des phares, plutôt que pour éclairer. En résumé :

Dans tout endroit découvert où des personnes sont employées pendant la période qui s'écoule entre une heure après le coucher du soleil et une heure avant son lever, et dans toute partie dangereuse d'un chemin ou d'une cour constituant les abords de tout atelier, l'éclairement sur un plan horizontal au niveau du sol ne doit pas être inférieur à 0,5 lux.

La Commission réserve pour une enquête future le cas des chantiers de construction de bâtiments dont elle n'a pas eu le temps de s'occuper suffisamment.

Le rapport conclut en précisant que les valeurs numériques données sont inférieures à celles préconisées par les experts en matière d'éclairage; mais il faut remar-

Digitized by Google

quer que les valeurs proposées par la Commission sont données pour des éclairements au niveau du sol, tandis que les valeurs données par les experts se rapportent le plus souvent à des valeurs applicables à une surface horizontale située au-dessus du sol à la hauteur où le travail est exécuté et que ces dernières valeurs sont naturellement plus élevées ; en outre la Commission a voulu indiquer, non pas les valeurs d'éclairement les plus convenables et qui varient d'ailleurs avec la nature du travail exécuté dans l'atelier, mais seulement une valeur suffisante pour éviter tout accident ou toute gêne des ouvriers.

Il ne semble pas qu'il y ait lieu de faire, en ce qui concerne ces chiffres, de distinction entre l'éclairage direct, indirect ou semi-direct. Les valeurs sont également indépendantes de la nature de la lumière.

Maurice LEBLANC fils.

La deuxième Foire de Lyon

L'industrie électrique et mécanique française a brillamment répondu à l'appel du Comité d'organisation de la deuxième Foire de Lyon dont M. Herriot, maire de Lyon, sénateur du Rhône, a été l'âme, car les groupes 21, 22 et 24 spécialement réservés à la mécanique et à l'électricité comptent plus de 200 exposants français.

Il ne nous appartient pas, et du reste la censure ne nous le permettrait pas, d'établir le bilan d'activité industrielle de notre pays au cours de cette terrible guerre, ni d'énumérer la somme des sacrifices consentis par nos industriels tant dans l'organisation d'une production intensive et continue, destinée aux besoins de la défense nationale, que dans l'aide financière et matérielle apportée au personnel atteint par la mobilisation ; mais il nous sera bien permis, en présence du succès de la manifestation économique de Lyon, de constater la vitalité de l'industrie française, dont les difficultés actuelles, crise des transports, rareté des matières premières, pénurie de main-d'œuvre, n'ont aucunement entravé l'essor et qui se trouve prête à remporter d'importantes victoires économiques sur tous les marchés mondiaux, dès la conclusion de la paix.

Nous ne pouvons décrire en détail tout le matériel électrique et mécanique des divers stands des groupes 21, 22 et 24, ni énumérer tous les exposants, plusieurs numéros de la *R. G. E.* n'y suffiraient pas : aussi, allons-nous passer rapidement en revue les stands qu'il nous a été donné de visiter lors de notre passage à Lyon.

Thomson-Houston. — La Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston est connue de tous les électriciens français ; son matériel est en application dans maintes stations centrales et usines de nos Sociétés de construction et d'exploitation, et nos industriels sont unanimes à en reconnaître la régularité de marche et la précision de fabrication.

La Thomson ne pouvait, dans ses trois stands, exposer la série de tout le matériel fourni par ses cinq usines : transformateurs, tableaux, appareillage de l'usine Vaugirard ; appareils de télégraphie, téléphonie, signaux de chemins de fer de l'usine des Favorites ; moteurs de toute puissance de l'usine de Neuilly-Plaisance ; lampes Mazda de l'usine de Neuilly-sur-Marne ; alternateurs, turbo-générateurs de l'usine de Lesquin ; aussi s'est-elle bornée à faire figurer un central téléphonique automatique et divers appareils téléphoniques.

La téléphonie automatique est très répandue en Amérique ; son emploi en France ne date que de quelques années. La Thomson a établi le réseau automatique public de Nice comportant 3 200 abonnés avec une capacité de 10 000. Elle construit actuellement celui d'Orléans avec 1 200 abonnés et une capacité de 10 000.

Les nombreux avantages du téléphone automatique : rapidité de communications, instantanéité de rupture, secret absolu, uniformité de services, économie d'exploitation et d'entretien font bien augurer de son avenir en France, et créent à la Thomson une perspective d'installations publiques et privées à établir dès que la situation sera redevenue normale.

Société alsacienne de constructions mécaniques. — Cette Société anonyme au capital de 18 millions de francs fut fondée en 1826. Depuis cette date elle ne cessa de se développer et apporta d'importants perfectionnements dans les machines nécessaires à l'industrie textile (500 000 broches de filature en service), dans les machines d'impression et tissage, tandis que d'autre part elle s'attachait à perfectionner en France, dans ses usines de Belfort, la fabrication des machines motrices, turbines hydrauliques et à vapeur, chaudières, etc.

Se tenant toujours à la tête dans la marche en avant de l'industrie française, elle entreprit la construction des moteurs à gaz, des machines soufflantes, des turbines à vapeur Zoelly (plus de 600 000 ch en service), des locomotrices électriques (plus de 6 500 en service), etc.

A la Foire de Lyon elle expose dans les stands 86/56-57-58 les principaux modèles de sa production.

Schneider et Cie. — Schneider, c'est le Creusot, foyer de notre artillerie, creuset de nos munitions, dont l'activité formidable ne ralentit ni le jour ni la nuit ; c'est Le Havre avec ses ateliers d'essais et ses polygones ; c'est Chalon-sur-Saône avec ses importants chantiers de constructions navales ; c'est surtout Champagne-sur-Seine qui s'est spécialisé dans la construction du matériel électrique : transformateurs, alternateurs, moteurs, disjoncteurs, rhéostats, etc.

Digitized by Google

Il ne nous est pas permis de donner un aperçu des agrandissements considérables effectués, en raison des circonstances actuelles, par MM. Schneider et Cie, soit au Creusot, au Havre, à Chalon, à Champagne ou à Bordeaux, ni de dévoiler le nombre des ouvriers employés dans leurs divers établissements, mais nous pouvons cependant documenter nos lecteurs sur leur situation d'avant-guerre.

La totalité du personnel employé dans les Etablissements Schneider était, en 1914, de 25 000 membres. La superficie des terrains possédés était de 6000 hectares. La longueur des voies ferrées desservant les divers établissements était de 300 km, sur lesquelles circulaient 60 locomotives et 5700 wagons. La puissance totale des machines à vapeur et à gaz était de 70000 ch, celle des installations électriques de 46000 kw. Les chaudières avaient une surface de chauffe de 45 000 m². Le nombre des machines-outils était de 4200. La longueur des lignes de transport de force motrice et d'éclairage électriques était de 545 km; 465 km de lignes téléphoniques desservaient 690 postes.

MM. Schneider et Cie n'ont pas négligé, dans leurs nombreux centres ouvriers, le côté philanthropique. Ils ont établi une foule d'institutions dans le but d'assurer le bien-être moral et matériel de leur personnel: écoles, cités ouvrières, hôpitaux, maisons de retraite, caisses d'épargne, etc.

Les Etablissements Schneider et Cie, en dehors de leur fabrication personnelle, possèdent d'importantes filiales :

La Société de Moteurs à gaz et d'Industrie mécanique (Otto) expose des installations de moteurs à gaz, des types de pompes centrifuges à haute et à basse pression, un compresseur et un groupe motopompe.

La Société d'outillage mécanique et d'usinage d'artillerie, qui réunit sous cette dénomination les Usines Bouhey et les Ateliers Farcot, présente toute une série de machines-outils provenant des usines de Saint-Ouen, tours, raboteuses, fraiseuses, perceuses, machines à fileter, à rayer et à sectionner.

La Société d'Optique et de Mécanique de haute précision, une nouvelle venue dans le groupe, s'est spécialisée, comme son titre l'indique, dans l'établissement des lentilles, des prismes, d'objectifs et d'appareils d'optique militaires. Elle est de taille à lutter, dans cette industrie, contre la fabrication germanique qui avait accaparé le marché français.

Les Etablissements Schneider ont de plus constitué, depuis la guerre, avec le concours d'industriels français, la Société Normande de Métallurgie qui s'est substituée à l'ancienne Société des Hauts Fourneaux de Caen et qui est destinée à la mise en valeur du bassin minier normand dont le fameux Thyssen avait rêvé l'expropriation complète au profit de son pays.

Compagnie des Forges et Aciéries de la Marine et d'Homécourt. — Cette Compagnie est l'un de nos plus importants établissements métallurgiques. Ses huit usines, occupant plus de 20000 ouvriers, situées dans diverses régions de la France, fournissent à une clientèle mondiale des produits manufacturés avec le fini et la précision qui sont l'apanage de la métallurgie française.

Sa production totale atteignait, avant la guerre, 600000 t d'acier et 520000 t de fonte. Dès le début des hostilités, Saint-Chamond a consacré toute son organisation et sa fabrication au matériel de guerre. L'activité des usines a été poussée au maximum de rendement, la production de l'acier a doublé depuis l'année dernière et celle des canons et des obus a augmenté dans de grandes proportions.

En dehors de l'artillerie de campagne, de siège, de marine, Saint-Chamond fournit : tourelles de bord, plaques de blindage, aciers spéciaux, palplanches Lackawanna, produits réfractaires, chassis automobiles, etc., tous produits universellement estimés par l'industrie.

Compagnie Electro-Mécanique. — Dans ses usines du Bourget et de Lyon, la Compagnie Electro-Mécanique a pu satisfaire, au cours de ces trente mois de guerre, aux commandes de sa nombreuse clientèle tout en apportant sa contribution à la fabrication de guerre. L'usine de Lyon, acquise de la Société Alioth, a continué la fabrication des moteurs et transformateurs si nécessaires aux industriels travaillant pour la Défense nationale. L'usine du Bourget a été consacrée à la construction du matériel de guerre et de marine; elle a pu munir deux de nos nouveaux cuirassés d'escadres des célèbres turbines Parsons dont elle exploite les brevets en France.

Les usines de Saint-Denis, à l'Electricité de Paris, et de Saint-Ouen, à la Compagnie Parisienne de Distribution d'Electricité, possèdent des groupes de 20000 et de 25000 ch, sortis du Bourget, qui font l'admiration des visiteurs.

La Compagnie Electro-Mécanique a établi au Bourget, depuis la guerre, une infirmerie modèle pourvue des derniers perfectionnements et subventionnée entièrement par ses soins. De plus, elle a consacré jusqu'à présent une somme assez importante en faveur de son personnel mobilisé, et elle continue encore cette libéralité.

La Compagnie Electro-Mécanique vient de porter son capital à 15 millions de francs. Ce supplément de 5 millions lui permettra d'intensifier sa production et de fournir toutes les commandes de turbines, alternateurs, génératrices, tableaux de distribution, transformateurs, machines d'extraction, locomotives électriques qui vont affluer au Bourget dès la fin des hostilités.

Paris-Rhône. — La Société de Paris et du Rhône est spécialement outillée pour la construction en grande série du petit matériel d'électricité.

Elle possède non seulement un outillage des plus modernes, mais encore une organisation conçue d'après les méthodes les plus rationnelles d'organisation du travail, qui lui permettent d'exécuter ses commandes dans des conditions excellentes, tant au point de vue

Digitized by Google

rapidité de délais qu'au point de vue de prix de revient de ses produits.

Les principales branches de l'industrie électrique dont elle s'occupe sont : les applications de l'électricité à l'éclairage et au démarrage des voitures automobiles, aux avertisseurs de voitures, etc..., ainsi que les outils et instruments électriques spéciaux de toutes sortes : (perceuses, polisseuses, appareils dentaires) ; les applications de l'électricité aux travaux agricoles; enfin, toutes les applications comportant l'emploi de petites machines d'une puissance inférieure à 4 ou 5 ch.

Parmi les choses intéressantes que l'on peut voir dans le groupe 30 de la Foire de Lyon, citons :

Un dispositif pour l'éclairage des automobiles par magnéto, à courant alternatif, selon un montage nouveau ne présentant pas les inconvénients bien connus de ces types d'installations.

C'est la solution la plus simple qu'on puisse imaginer de l'éclairage des automobiles ; une magnéto alimentant les phares et les lanternes sans régulateur pour maintenir la tension constante et sans disjoncteur. L'installation permet, si on le désire, la charge d'accumulateurs, ce qui donne la possibilité d'éclairer les lanternes même lorsque le moteur de la vitesse est arrêté.

Un dispositif pour le démarrage et l'éclairage des automobiles, réalisé par une machine très ingénieuse, le « dynamoteur », possédant deux enroulements d'excitation, l'un en série, l'autre en dérivation; l'enroulement série étant magnétisant quand la machine fonctionne en moteur pour assurer le démarrage, et étant démagnétisant quand elle fonctionne en génératrice alimentant les phares, pour maintenir sa tension constante.

Signalons encore un avertisseur électrique dont la simplicité ne le cède en rien à la puissance et à l'harmonie du timbre de son appel.

Nous nous proposons de revenir ultérieurement sur l'organisation modèle de cette Société, qui réussit à fournir du matériel à des prix bien inférieurs aux produits similaires importés de l'étranger.

Maljournal et Bourron. — Le matériel des Etablissements Maljournal et Bourron est bien connu de nos lecteurs s'occupant d'installations à haute et basse tension. Depuis leurs coupe-circuits, sectionneurs, disjoncteurs, réducteurs, démarreurs, appareils à haute tension essayés à 200000 v, jusqu'aux appareils à basse tension, interrupteurs, commutateurs, prises de courant, raccords, douilles, nos électriciens emploient depuis longtemps l'appareillage Maljournal et Bourron et ont été à même de l'apprécier au point de vue fabrication et précision.

MM. Maljournal et Bourron se sont associés en 1894 et ont constitué, en 1909, une Société anonyme au capital de 1 400 000 fr. Le chiffre d'affaires augmentant d'année en année, le capital fut porté, en 1914, à 3 millions, et enfin, en 1916, à 3 500 000 fr.

Les installations à haute tension étant appelées à prendre une extension assez considérable, après les hostilités, les Etablissements Maljournal et Bourron seront bien placés pour donner ample et entière satisfaction aux desiderata des installateurs.

J. N.

Revues, analyses et informations

Le développement de la puissance hydraulique et l'avenir des réseaux de distribution en Amérique (1).

L'auteur indique que, s'il est facile de résumer les progrès accomplis dans les transports de force pendant l'année qui vient de s'écouler, il est, par contre, difficile de donner une idée de la construction future des réseaux de distribution. Pour caractériser en quelques mots la situation actuelle, on s'est plutôt appliqué, pendant les douze derniers mois, à améliorer les progrès accomplis jusqu'ici, qu'à créer de nouvelles méthodes importantes.

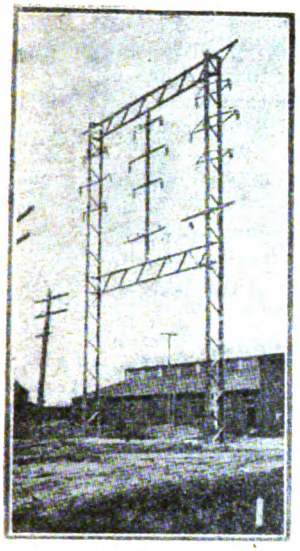
Législation pour le développement de la puissance hydraulique. — Il fait remarquer que cette question est d'une très grande importance pour l'avenir. Chaque fois qu'on a fait une proposition pour l'attribution de privilèges dans le domaine de l'État, relativement aux chutes d'eau, un grand cri s'est toujours élevé contre le soi-disant trust des forces hydrauliques, contre tout monopole destiné à dépouiller le public de ses droits, etc. En réalité, un tel trust n'est pas à craindre, si on établit une loi saine à ce sujet. Il n'est pas surprenant que les capitalistes, qui ont eu l'expérience des transports de force hydro-électriques, les considèrent comme de bonnes affaires pour l'avenir, mais le mouvement est aussi spontané que celui qui pousse ces capitalistes à établir des stoks de cuivre, d'acier, ou d'huile; l'expérience ayant montré que la possession de telles matières conduisait à des affaires prospères. Cependant, qu'arrive-t-il ? Les lois régissant les forces hydrauliques sont établies de telle sorte que le public ne peut les utiliser et que la puissance correspondante se perd chaque année sans profit pour personne ; il s'agit là de plusieurs millions de dollars.

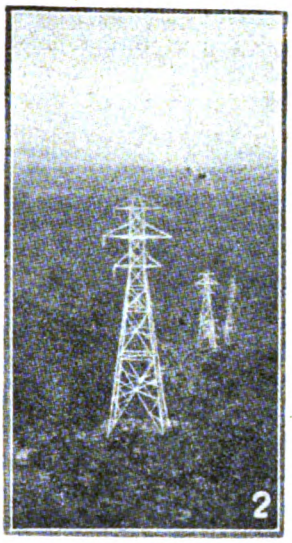
Il faut fermement espérer que l'année présente verra naître une législation nouvelle qui favorisera l'expansion de l'utilisation des chutes d'eau, au lieu de l'empêcher comme actuellement.

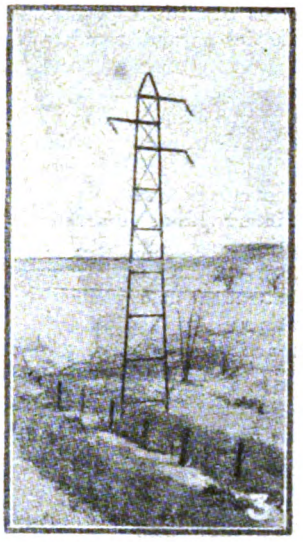
Unification des systèmes de distribution. — Une question étroitement liée à la précédente est celle de l'unification des systèmes de distribution. Il faudrait arriver à couvrir le pays de vastes réseaux capables de distribuer l'énergie d'une manière irréprochable. Il est parfaitement vrai que, de temps en temps, se sont créées des agglomérations maladroites de réseaux privés, sans autre excuse que le

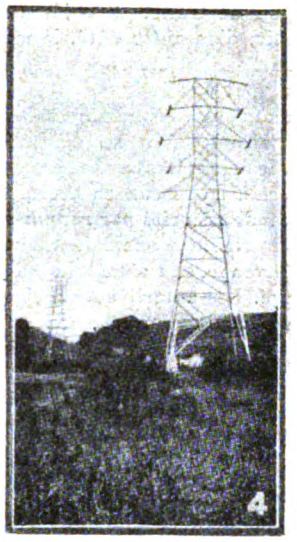
(1) Louis Bell *Electrical World*, 6 janvier 1917, p. 24.

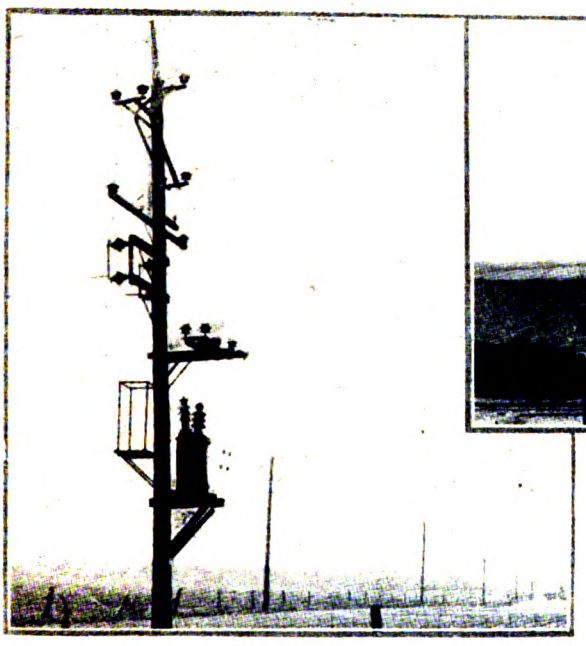
Digitized by Google

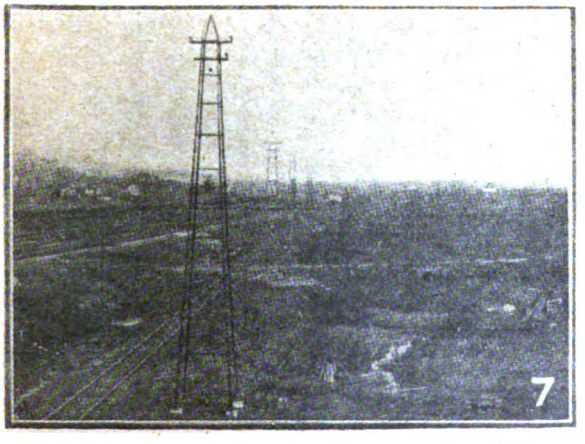












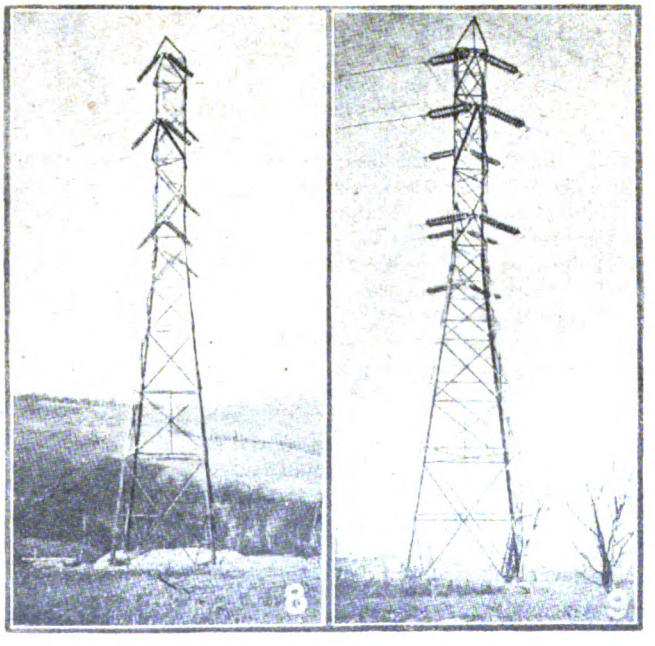


Fig. 1-9. — *Voir les légendes, page 468.*

Digitized by Google

désir de traiter dans les meilleures conditions possibles; mais, d'un autre côté, la majorité des agrandissements en commun ont été effectués avec l'intention directe de former un tout cohérent qui puisse être administré plus efficacement et plus économiquement que précédemment, de manière à pouvoir offrir plus d'avantages aux deux partis : le public et les exploitants. Chaque adjonction d'une station productrice à un réseau en accroissement correspond à une plus grande sécurité par rapport aux interruptions de service et à un meilleur coefficient d'utilisation du réseau installé.

Avec le prix actuel du cuivre, ce n'est pas un mince avantage. Les autorités municipales attendent un règlement de la part du gouvernement et font peu d'opposition à cette police de sauvegarde des intérêts particuliers, pourvu qu'elle soit suivie franchement et loyalement, en échange des avantages offerts par les capitalistes dans les affaires traitées. Une législation équitable et raisonnable de ces droits de propriété est à espérer dans un avenir prochain.

Tendance vers les hauts voltages. — Au point de vue technique, on constate la généralisation de l'emploi des hauts voltages. Avec l'apparition des isolateurs à chaînes, les limites anciennes ont été reculées de telle sorte qu'aujourd'hui on ne se demande plus quel voltage on peut admettre sans inconvénient, mais bien plutôt quel est le voltage imposé par des conditions économiques d'exploitation.

Avec le prix actuel du cuivre, la tendance à choisir des voltages de plus en plus élevés ne peut que s'accentuer, et il n'y a plus aucune raison d'utiliser les tensions modestes qu'on employait il y a dix ans.

Pour un transport moderne, si la puissance mise en jeu est suffisamment grande, les tensions comprises entre 50 000 et 100 000 v sont raisonnables et judicieuses. Dans le cas d'une extension formidable du réseau, on pourra toujours, en effet, si c'est nécessaire, atteindre des tensions plus élevées.

Simplifications dans la construction et les manœuvres. — Il y a actuellement une heureuse tendance à simplifier la construction et les manœuvres. L'usage de plus en plus répandu des sous-stations de transformation conduit à une diminution du prix d'établissement des réseaux très ramifiés. De plus, les manœuvres, dans ces sous-stations, tendent de plus en plus à devenir complètement automatiques, de manière à utiliser surtout la main-d'œuvre pour l'inspection et le contrôle. Les interrupteurs employés autrefois étaient encombrants et exigeaient un très grand entretien. Ces temps sont passés, et l'avenir nous promet des moyens automatiques, ou non, permettant de surveiller les installations à très hautes tensions sans exiger trop de déplacements pour l'inspection et le contrôle. — Quand plusieurs stations sont reliées à un système commun de distribution, il n'est pas nécessaire d'équiper chacune d'elles avec sa réserve individuelle, puisque chacune sert de réserve à l'autre. Il est vraisemblable qu'on prendra de plus en plus l'habitude de considérer chaque alternateur et son transformateur élévateur comme formant un tout unique et de relier ces unités entre elles par un système électro-dynamique suffisant pour assurer leur manœuvre certaine.

Manœuvres d'ensemble. — Le principe s'est rapidement établi de régler les réseaux dans leur ensemble et non par secteurs séparés. L'usage d'appareils synchrones de réglage, fonctionnant en charge, si cela est possible, à vide, si cela est nécessaire, a prouvé son efficacité lorsqu'il est judicieusement appliqué en quelques points déterminés. On peut, à l'aide de ce principe, obtenir une régularité merveilleuse de fonctionnement dans des réseaux couvrant des centaines et même des milliers de kilomètres carrés.

Tous les moyens de réglage doivent converger vers un but unique :

Obtenir des systèmes de grande distribution capable d'amener la puissance, le plus économiquement possible et avec le maximum de sécurité, à chaque consommateur, qu'il soit important (fourniture de courant par contrat) ou petit preneur.

Les figures de 1 à 9 donnent des vues d'installations récentes de ligne haute tension faites en Amérique.

Nous attirons particulièrement l'attention sur la figure 5, qui donne la disposition d'une sous-station sur poteau en bois, (la tension d'utilisation étant de 33 000 v), pour petit abonné.

E. P.

Légendes des figures de la page 467.

Fig. 1. — Pylône métallique spécial récemment construit pour un poste de transformation de la « Niagara Falls Power Company », supportant six circuits triphasés (25 mm² environ — 50 000 circular mil) et remplaçant des poteaux en bois.

Fig. 2. — Premier transport de force sur pylônes en fer dans l'Etat de Connecticut. Les mêmes pylônes ont été utilisés dans quatre installations (New England). Portion de la ligne principale de la « Connecticut Power Line », à Hartford.

Fig. 3. — Ligne sur pylônes métalliques de la « Iowa Railway and Light Company » ouest de « Cedar Rapids ». Tension de fonctionnement de 66 000 v.

Fig. 4. — Ligne construite en 1916 par la « Duquesne Light Company » portant deux circuits triphasés en cuivre. Tension de fonctionnement 66 000 v. Partant de la station à vapeur de « Brunots Island; » câbles de cuivre (150 mm² — environ 250 000 circular mil).

Fig. 5. — Petite sous-station individuelle sur poteau en bois. Tension de fonctionnement 33 000 v. « Dayton (Ohio) Power et Light Company ».

Fig. 6. — Une ligne typique de transport de force de la « Pacific Coast ».

Fig. 7. — Récent transport de force à 22 000 v, construit par la « Cleveland Electric Illuminating Company », allant vers Bedford (Ohio).

Fig. 8 et 9. — Deux méthodes utilisées pour la fixation des câbles sur un pylône tendeur à Windsor (W. Va) et à Canton (Ohio). Ligne de transport de force de la « American Gas and Electric Company », partant de la station à vapeur de Windsor.

Croissance et amortissement [1].

L'auteur s'occupe ici des Compagnies ou municipalités exploitant un service public et cherche à démontrer les points suivants :

1° L'état relatif d'un actif [2], en taux pour 100 de l'état neuf, ne dépend pas seulement de son entretien, mais aussi de l'accroissement passé et présent de l'exploitation;

2° En aucun cas, il ne sera nécessaire de ramener un actif à un état relatif de 100 pour 100. Mais il n'aboutit pas

[1] Julian Loebenstein. Communication présentée à l'American Institute of Electrical Engineers, le 10 novembre 1916. *Proceedings of the A. I. E. E.*, novembre 1916, t. XXXV, p. 1559-1577.

[2] Le terme employé ici dans le texte anglais est *property*, qui comprend les terrains, les immeubles et le matériel. Faute de mieux, nous traduisons par le mot *actif*, mais en excluant de ce terme les créances diverses et les espèces en caisse et en banque, qui y sont ordinairement comprises. (N. d. T.).

Digitized by Google

TABLE I.

Placement annuel uniforme pendant 5 ans.
Fin de l'accroissement : 5e année.
Vie : 10 ans.
Le fonds d'amortissement n'est pas immobilisé en extensions.

FIN DE L'ANNÉE	CAPITAL PLACÉ PENDANT L'ANNÉE	DÉBOURS TOTAUX EN CAPITAL	ADDITION AU FONDS D'AMORTISSEMENT	DÉDUCTION DU FONDS D'AMORTISSEMENT	TOTAL DU FONDS D'AMORTISSEMENT	ÉTAT RELATIF EN %
1	1 000	1 000	100	0	100	90
2	1 000	2 000	200	0	300	85
3	1 000	3 000	300	0	600	80
4	1 000	4 000	400	0	1 000	75
5	1 000	5 000	500	0	1 500	70
6		5 000	500	0	2 000	60
7		5 000	500	0	2 500	50
8		5 000	500	0	3 000	40
9		5 000	500	0	3 500	30
10		5 000	500	0	4 000	20
11		5 000	500	1 000	3 500	30
12		5 000	500	1 000	3 000	40
13		5 000	500	1 000	2 500	50
14		5 000	500	1 000	2 000	60
15		5 000	500	1 000	1 500	70
16		5 000	500	0	2 000	60
17		5 000	500	0	2 500	50
18		5 000	500	0	3 000	40
19		5 000	500	0	3 500	30
20		5 000	500	0	4 000	20

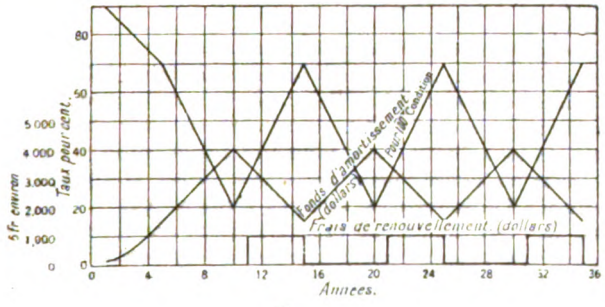


Fig. 1.

TABLE II.

Placement annuel uniforme pendant 10 ans.
Fin de l'accroissement : 10e année.
Vie : 10 ans.
Fonds d'amortissement immobilisé en extensions.

FIN DE L'ANNÉE	CAPITAL IMMOBILISÉ PENDANT L'ANNÉE	DÉBOURS TOTAUX EN CAPITAL	PLACEMENT ANNUEL PRIS SUR LE FONDS D'AMORTISSEMENT	IMMOBILISATION TOTALE : CAPITAL PLUS FONDS D'AMORTISSEMENT	ADDITION AU FONDS D'AMORTISSEMENT	DÉDUCTION DU FONDS D'AMORTISSEMENT	TOTAL DU FONDS D'AMORTISSEMENT	ÉTAT RELATIF EN POUR 100
1	1 000	1 000		1 000	100		100	90
2	900	1 900	100	2 000	200	100	200	85
3	800	2 700	200	3 000	300	200	300	80
4	700	3 400	300	4 000	400	300	400	75
5	600	4 000	400	5 000	500	400	500	70
6	500	4 500	500	6 000	600	500	600	65
7	400	4 900	600	7 000	700	600	700	60
8	300	5 200	700	8 000	800	700	800	55
9	200	5 400	800	9 000	900	800	900	50
10	100	5 500	900	10 000	1 000	900	1 000	45
11		5 500		10 000	1 000	1 000	1 000	45
12		5 500		10 000	1 000	1 000	1 000	45
13		5 500		10 000	1 000	1 000	1 000	45
14		5 500		10 000	1 000	1 000	1 000	45
15		5 500		10 000	1 000	1 000	1 000	45
16		5 500		10 000	1 000	1 000	1 000	45
17		5 500		10 000	1 000	1 000	1 000	45
18		5 500		10 000	1 000	1 000	1 000	45
19		5 500		10 000	1 000	1 000	1 000	45
20		5 500		10 000	1 000	1 000	1 000	45

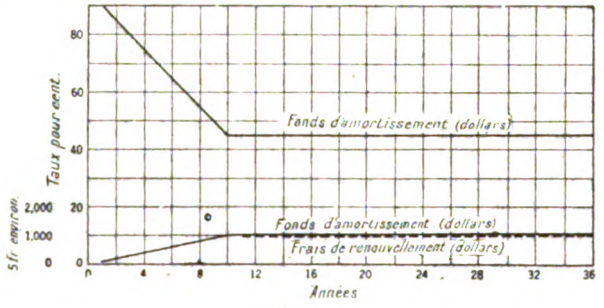


Fig. 2.

à un état déterminé; il décrit un cycle d'états indéfiniment répété, un point du cycle étant un maximum qu'il ne dépasse jamais. Ce point maximum dépend entièrement de la croissance de l'actif;

3° Dans certaines conditions d'accroissement, une Compagnie n'a pas besoin d'affecter un fonds de réserve liquide à l'amortissement; elle peut affecter la réserve à des extensions et faire chaque année les renouvellements de matériel qui deviennent nécessaires, en prélevant sur la somme mise de côté cette même année pour le fonds d'amortissement; de cette façon, le capital des actionnaires est maintenu intact et cependant la valeur dépréciée de l'actif entier est celle qu'il convient d'adopter, aux deux points de vue du consommateur et de l'actionnaire, pour l'établissement des tarifs;

4° **Dans le cas d'une Compagnie qui a cessé de croître ou qui ne croît pas assez vite pour placer tout son fonds d'amortissement en extensions, il sera nécessaire d'avoir un fonds de réserve liquide d'un montant continuellement variable, cette variation dépendant de l'accroissement de la Compagnie;**

5° On doit faire produire à ce fonds de réserve liquide le même intérêt qu'à tout autre capital immobilisé dans l'actif et l'on doit pouvoir affecter cet intérêt aux dividendes, pourvu que ce soit le prix du matériel neuf, moins l'amortissement, qui serve de base à l'établissement des tarifs.

Par fonds d'amortissement liquide, on entend une réserve qui peut consister soit en espèces déposées en banque, soit en obligations ou en toute autre forme immédiatement convertible en espèces. Le fonds de réserve d'amortissement, au contraire, est immobilisé en extensions et améliorations. On suppose que la valeur dépréciée, c'est-à-dire évaluée en déduisant l'amortissement de l'actif, est prise comme base des tarifs.

La table I se rapporte à un actif dont tous les éléments sont supposés avoir une durée de vie de dix ans et pour lequel on fait chaque année un placement de 1 000 dollars (1 dollar = 5 fr environ) pendant cinq ans; après cinq ans, l'actif cesse de s'accroître.

La courbe de la figure 1 représente ces variations.

La table II et les courbes de la figure 2 se rapportent aussi à un actif dont les éléments ont une durée de vie de dix ans.

Digitized by Google

La première année, le capital immobilisé est 1 000 dollars. La seconde année, le fonds d'amortissement est affecté à des extensions et l'on fait un placement additionnel de capital suffisant pour porter à 1 000 dollars le total des immobilisations de l'année, en capital et en fonds d'amortissement. On fait de même chaque année jusqu'à la fin de la dixième, époque à laquelle l'actif cesse de recevoir de nouvelles additions.

On croit généralement qu'un actif maintenu en bon état d'exploitation vaut de 70 à 85 pour 100 de ce qu'il valait à l'état neuf. Les tables et les courbes montrent qu'il n'en est rien et que l'état relatif d'un actif ne dépend pas seulement de son entretien, mais aussi de son accroissement passé et présent. Ainsi, d'après la table I et la courbe I, se rapportant à un cas où l'on fait un placement de capital uniforme pendant une durée d'années ne concordant pas avec la vie de l'actif, l'état relatif varie de 90 à 70 pour 100, pendant que l'actif s'accroît. Ensuite il varie de 70 à 20 pour 100 et revient à 70 pour 100, le cycle se répétant. C'est là un cas extrême, mais qui montre bien les possibilités de variation. Dans la table II et la courbe II, pour lesquelles le placement de capital est uniforme pendant une durée d'années concordant avec la vie de l'actif, l'état relatif varie de 90 à 45 pour 100 pendant cette période, et reste ensuite à 45 pour 100 quand l'actif cesse de croître. Ici le fonds de réserve est immobilisé en extensions.

Le second point consiste à montrer qu'en aucun cas il ne sera nécessaire de ramener un actif à un état égal à 100 pour 100 de l'état neuf. Or il est visible qu'un actif qui a été constitué graduellement et non d'un seul coup aura ses divers éléments détruits par l'usure dans le même ordre chronologique où ils ont été installés. Puisque différentes parties de l'actif devront être remplacées chaque année, il ne sera jamais nécessaire de les remplacer toutes à la fois et de ramener ainsi l'actif à un état relatif de 100 pour 100.

On peut donc se passer d'une partie du fonds d'amortissement qui serait nécessaire pour ramener l'actif à cet état de 100 pour 100. Il ne faudrait pas dire cependant que cette réserve ne devant jamais être nécessaire n'a pas besoin d'être constituée. L'actionnaire a droit d'exiger que son capital soit maintenu intact à 100 pour 100. Comment donc faut-il administrer le fonds de réserve d'amortissement ? C'est le troisième point.

Trois cas sont ici à considérer :

1° Compagnie s'accroissant avec assez de rapidité pour permettre de placer tout le fonds de réserve en extensions ;

2° Compagnie ne s'accroissant pas assez vite pour permettre de placer tout le fonds de réserve en extensions ;

3° Compagnie ne s'accroissant pas.

Dans le premier cas, il est clair que le prélèvement annuel destiné à l'amortissement sera en certaines années inférieur et en certaines années supérieur aux prix de renouvellements. Dans les années où le prix des renouvellements est moindre que le prélèvement pour amortissement, la différence peut être placée en extensions, et dans les années où les frais de renouvellement sont supérieurs au prélèvement pour amortissement, il sera nécessaire d'émettre des obligations garanties pour les extensions payées sur la réserve, et d'employer pour les renouvellements les fonds produits par cette émission. Mais il ne faut pas émettre d'obligations pour une valeur plus grande que la valeur dépréciée des extensions. Partout où le fonds d'amortissement est placé en extensions, il est nécessaire de tenir un compte soigné des éléments d'actif de cette classe. Il faut tenir des comptes séparés pour les placements de capital et les placements de fonds d'amortissement. Le défaut de séparation donnait lieu autrefois à des difficultés.

Dans le second et le troisième cas, les années où la somme mise annuellement en réserve dépassera les frais de renouvellement du matériel, il faudra constituer le surplus en fonds de réserve liquide, de façon à pouvoir combler les déficits qui se présenteront en d'autres années.

Au sujet du quatrième point, l'auteur donne un exemple. L'actif d'une certaine Compagnie a cessé de s'accroître au bout de dix ans. A la fin de la dixième année, il y a 1 953 dollars dans le fonds de réserve. Après cette époque, la somme mise annuellement de côté pour l'amortissement est de 1 884 dollars, mais en raison du fait que la croissance de la Compagnie a été plus rapide à certaines époques qu'à d'autres, on affectera certaines années moins de 1 884 dollars aux renouvellements de matériel, et certaines années davantage. Il y a donc à certaines époques une accumulation de fonds, qu'on dépense à d'autres époques. Ainsi, partant de 1 953 dollars la dixième année, le fonds atteint un maximum de 10 149 dollars la vingt-quatrième année, puis décroît de nouveau pour revenir à 1 953 dollars la trentième année, puis le cycle recommence. Il est évident que, puisque ces 1 953 dollars ne seront jamais affectés aux frais de renouvellement, il vaut mieux les retourner aux actionnaires. Ce retour devrait se faire en espèces, puisque, par hypothèse, la Compagnie a cessé de croître et que, par suite, il n'est pas possible d'employer ces fonds en agrandissements. Ce cas est illustré par une table et des courbes dans le Mémoire.

Au sujet du cinquième point, qui a trait aux intérêts que les actionnaires ont le droit de faire produire à leur fonds d'amortissement liquide, il y a parfois désaccord. On dit par exemple ceci : c'est le consommateur qui fournit l'argent du fonds de réserve, il ne doit pas être obligé de plus à payer un intérêt pour cet argent. Mais la réponse est celle-ci : l'actionnaire a le droit d'exiger que son capital soit maintenu intact. Ce capital disparaît progressivement au service du consommateur, et le consommateur remplace le capital ainsi disparu. Pourquoi le capital remplacé aurait-il un statut différent du capital originel ? Le capital qui constitue le fonds d'amortissement doit être traité comme tout autre capital ; il doit recevoir le même intérêt, pour les mêmes raisons.

On conclut donc : 1° quelle que soit l'importance d'un actif donné, il n'arrivera pas nécessairement à un état relatif déterminé, même approximativement ; 2° l'état relatif d'un actif, le montant du fonds de réserve, l'augmentation de ce fonds, dépendent de la croissance passée, présente et future de la Compagnie et doivent être étudiés pour chaque cas ; 3° les tarifs doivent être basés sur la valeur dépréciée de l'actif, augmentée du montant du fonds d'amortissement (1), tant que cette somme n'est pas supérieure à 100 pour 100 du capital immobilisé total.

P. L.

(1) Il s'agit sans doute ici du fonds d'amortissement *liquide*, sinon cette conclusion serait contraire à l'énoncé du paragraphe 5 du début. (N. d. T.)

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

Commerce de l'Italie en matériel électrique d'après les statistiques douanières de ce pays

Dans cette deuxième partie de son étude, l'auteur continue la publication des statistiques et termine en donnant la liste des articles électriques pour lesquels l'Italie a diminué ses importations et augmenté ses exportations et celle des articles pour lesquels l'inverse s'est produit.

Le détail explicatif pour 1913 est le suivant (voir le tableau XVI).

L'importation des fils, cordons et câbles en Italie a atteint son point culminant en 1913, avec 3 591 quintaux. Les principaux importateurs étaient alors l'Allemagne et l'Autriche. Quant à l'exportation, qui a été au moins de deux tiers supérieure à l'importation, son chiffre le plus fort en commerce spécial a été, en 1912,

TABLEAU XVI.

1179. Fils et câbles électriques recouverts de matières textiles et vernis.

ANNÉES	IMPORTATIONS			EXPORTATIONS		
	POIDS EN QUINTAUX DE 100 KG	VALEUR EN LIRES DU QUINTAL	SOMMES	POIDS EN QUINTAUX DE 100 KG	VALEUR EN LIRES DU QUINTAL	SOMMES
1911.....	2 175	390	848 250	9 519	390	3 712 390
1912.....	3 262	427,50	1 394 505	13 500	750	6 441 000
1913.....	3 591	490	1 759 590	10 022	480	4 910 780

de 13 500 quintaux, et il était encore de 6 409 quintaux pour les neuf premiers mois de 1916. Mais cette exportation doit bénéficier encore du chiffre des réexportations de marchandises ayant profité de l'admission temporaire en Italie, où elles ont subi une manutention spéciale. Ces chiffres étant importants, nous en donnons le détail dans les tableaux XVII, XVIII et XIX.

Les principaux acheteurs de ces fils, cordons et câbles, avaient été, en 1913 : l'Angleterre, l'Argentine et le Brésil. Leur évaluation douanière avait été :

en 1910.	à l'entrée, de lires	500,	à la sortie, de lires	480
1911.	id.	390,	id.	410
1912.	id.	427,50	id.	475
1913.	id.	490	id.	480

Ces oscillations dans la valorisation douanière ont suivi les fluctuations du marché du cuivre.

L'importation de ces câbles armés a été la plus considérable en 1911 = 17 080 quintaux et a diminué ensuite sensiblement. Les pays introducteurs les plus importants en 1913 ont été l'Allemagne et l'Angleterre. A l'exportation, de 2 600 quintaux en 1910, cet article est monté à 12 831 quintaux en 1913, et à 18 320 pour les neuf premiers mois de 1914, à destination, en 1913, de l'Argentine et de la Belgique comme principaux clients. Mais ces chiffres d'exportation doivent encore être augmentés du double, si l'on fait entrer en ligne de compte les marchandises importées temporairement et réexportées après avoir subi une transformation. Nous en donnons le détail pour 1913 dans le tableau XX.

Comme contre-partie et explication de ces réexportations de « fils, cordons et câbles recouverts de matières textiles et vernis », et de « câbles armés ou protégés avec du fer ou tout autre métal », nous donnerons ci-dessous un aperçu de quelques matières premières importées par l'Italie en admission temporaire dans les neuf premiers mois de 1916 et destinées à être réexportées comme partie intégrante de fils, cordons et câbles électriques :

	Quintaux.	Lires.
Fer pour fabrication de câbles électriques sous-marins.....	1 613	45 144
Fil de fer zingué pour fabrication de cordons électriques sous-marins..	306	30 600
Fil de cuivre pour fabrication de câbles électriques, grosseur supérieure à un demi-millimètre.....	2 126	680 320
Fil de cuivre pour fabrication de câbles électriques, grosseur inférieure à un demi-millimètre.....	238	77 310
Fil de laiton étamé pour câbles électriques.....	570	290 700
	4 853	1 124 124

Digitized by Google

TABLEAU XVII.

PAYS DE PROVENANCE	IMPORTATIONS QUANTITÉS EN QUINTAUX	IMPORTATIONS VALEURS EN LIRES	PAYS DE DESTINATION	EXPORTATIONS QUANTITÉS EN QUINTAUX	EXPORTATIONS VALEURS EN LIRES
1179. Fils et câbles électriques recouverts de matières textiles et de vernis.					
Allemagne	2 983	1 461 670	Aden	5	2 450
Angleterre	70	34 300	Afrique du Sud anglaise	61	29 890
Autriche	246	120 540	Allemagne	136	66 640
Belgique	119	58 310	Angleterre	4 091	2 004 590
Etats-Unis	26	12 740	Argentine	2 519	1 234 310
France	17	8 330	Australie	170	83 300
Suisse	113	55 370	Autriche	22	10 780
Hollande	17	8 330	Belgique	8	3 920
			Brésil	1 468	719 320
			Canada	20	9 800
			Chine	482	236 180
			Colombie	220	107 800
			Egypte	82	40 180
			Erythrée	1	490
			Espagne	4	1 960
			Etats-Unis	13	6 370
			France	17	8 330
			Grèce	66	32 340
			Hollande	18	8 820
			Inde	58	28 420
			Malte	2	980
			Mexique	37	18 131
			Monténégro	2	980
			Maroc	1	490
			Paraguay	12	5 880
			Pérou	107	52 430
			Portugal	108	52 920
			Russie	3	1 470
			Suède	7	3 430
			Suisse	25	12 250
			Tripolitaine	75	36 750
			Turquie	1	490
			Uruguay	65	31 850
			Venezuela	116	56 840

La valorisation douanière de ces câbles armés était en :

1913	à l'entrée, de lires	165	à la sortie, de lires		165
1912	id	» 144	id	«	160
1911	id	» 150	id	»	150

Ces variations ont été influencées par les cours des métaux.

Nous donnons dans les tableaux XXI, XXII et XXIII un aperçu général du commerce spécial de l'Italie en matériel électrique pour les neuf premiers mois des années 1914, 1915 et 1916.

Mais on ne doit guère tenir compte des susdits tableaux que nous ne présentons ici que pour mémoire : car ils ne comportent que neuf mois d'exercice fiscal et sont relatifs à une période de guerre où les transactions internationales sont forcément anormales.

Du reste, le commerce d'échanges de matériel électrique entre l'Italie et les pays étrangers a été considérablement réduit du fait de l'entrée en guerre de ce pays avec les puissances centrales et aussi en raison des prohibitions de sortie édictées par le gouvernement italien et relatives aux articles suivants : accumulateurs électriques, aimants, appareils et machines de toute espèce et pour tous usages industriels, appareils téléphoniques, télégraphiques et radiotélégraphiques, leurs parties détachées et accessoires, câbles, cordons et fils pour installations électriques, télégraphiques et téléphoniques, instruments d'électrotechnique, lampes électriques, pièces et accessoires, caoutchouc, cuivre, étain, fer électrolytique, plomb. Toutefois, l'exportation des lampes électriques de poche, à destination de la France, peut être autorisée par les bureaux locaux des douanes italiennes, et en outre l'exportation de matériel spécial à destination des gouvernements alliés peut s'effectuer par autorisation spéciale du gouvernement italien.

Digitized by Google

TABLEAU XVIII.

PAYS DE PROVENANCE	QUANTITÉS EN QUINTAUX	VALEURS EN LIRES
Afrique du Sud anglaise	61	29 890
Allemagne	77	37 730
Angleterre	3 901	1 911 490
Argentine	2 455	1 202 950
Autriche	1	490
Belgique	1	490
Brésil	1 648	789 620
Canada	18	8 820
Chine	482	236 180
Colombie	220	107 800
Egypte	77	37 730
Etats-Unis	13	6 370
France	15	7 350
Grèce	30	19 110
Hollande	14	6 860
Inde	51	24 900
Maroc	1	490
Mexique	37	18 130
Paraguay	12	5 880
Pérou	106	51 940
Portugal	103	50 470
Suède	7	3 430
Suisse	5	2 450
Turquie	1	490
Uruguay	62	30 380
Venezuela	116	56 840
Zélande (Nouvelle-)	170	83 300
1913	9 493	4 651 570
1912	9 474	4 500 150
1911	9 172	3 577 180
1910	7 258	3 193 520
1909	5 616	2 695 680

Mais nous croyons plus intéressant de donner dans le tableau XXIV, les valeurs en lires des importations et exportations pour les années entières et normales, de temps de paix, 1911, 1912 et 1913.

De ce tableau et autres données précédentes, il appert que l'industrie italienne du matériel électrique s'était déjà considérablement développée avant la guerre. Si l'on constate que le chiffre des importations n'a guère diminué, puisque

en 1909 elles avaient une valeur de lires			31 244 330
1911	Id.	Id.	31 156 151
1912	Id.	Id.	34 395 186
1913	Id.	Id.	31 492 464

TABLEAU XX.

Réexportation de câbles armés.

	QUINTAUX	LIRES
Afrique du Sud anglaise	79	13 035
Angleterre	895	147 675
Argentine	9 827	1 821 455
Belgique	1 108	182 820
Brésil	260	42 900
Chine	19	3 135
Grèce	304	17 160
Pérou	59	9 735
Uruguay	29	4 785
1913	12 380	2 042 700
1912	11 851	1 896 160
1911	6 482	907 480
1910	2 487	422 790
1909	2 242	403 560

TABLEAU XIX.

1 180. Câbles électriques armés ou protégés avec du fer ou tout autre métal.

	IMPORTATION 1913			EXPORTATION 1913	
	Quintaux.	Lires.		Quintaux.	Lires.
Allemagne	6 519	1 075 635	Afrique du Sud	79	13 035
Angleterre	1 197	197 565	Angleterre	975	160 875
Autriche	540	89 100	Argentine	9 897	1 633 005
Belgique	15	2 475	Autriche	46	7 500
France	74	12 210	Belgique	1 108	182 820
Suisse	5	825	Brésil	280	46 200
			Chine	19	3 135
			France	12	1 980
			Grèce	105	17 325
			Pérou	50	9 735
			Portugal	1	165
			Uruguay	29	4 785
			Venezuela	2	330
1913.. Valeur 165 Lires	8 350	1 377 750	1913.. Valeur 165 Lires	12 831	2 117 115
1912.. 144	10 079	1 451 376	1912.. 160	12 064	1 930 240
1911.. 140	17 080	2 391 200	1911.. 140	6 669	933 600

Digitized by Google

Tableau XXI.

ITALIE. — Importation et exportation de matériel électrique pour les 9 premiers mois des années 1914, 1915 et 1916.

Numéros de statistiques		Importation						Exportation					
		Valeurs exprimées en quintaux			Valeurs exprimées en lires			Quantités exprimées en quintaux			Valeurs exprimées en lires		
		1916	1915	1914	1916	1915	1914	1916	1915	1914	1916	1915	1914
810	Machines dynamo-électriques de plus de 1 000 kg	8 719	8 875	29 059	2 266 940	2 307 500	6 102 390	293	161	417	76 180	41 860	87 570
811	Machines dynamo-électriques de moins de 1 000 kg	4 964	64	9 327	1 489 200	01 159 800	2 518 290	4 123	3 623	4 674	1 236 900	1 086 900	1 261 980
812	Machines actionnées par des dynamos de plus de 1 000 kg	3 382	184	103	870 300	47 840	21 630						
813	Machines actionnées par des dynamos de moins de 1 000 kg	16	31	201	4 800	6 300	54 270	18			5 400		
823	Transformateurs d'électricité	2 726	4 846	19 115	749 650	1 332 650	3 823 000	300	100	301	84 150	27 500	60 200
825	Pièces détachées de dynamos et transformateurs	2 003	1 549	2 893	781 170	604 110	911 295	626	366	1 716	244 140	142 740	540 540
824	Accumulateurs électriques et leurs parties métalliques	2 075	579	471	456 500	127 380	75 460	471	512	173	103 620	112 640	27 680
834	Appareils électrotechniques de moins de 100 kg	1 727	2 402	5 801	1 036 200	1 441 200	2 436 420	484	358	260	290 400	214 800	109 200
835	Appareils électrotechniques de plus de 100 kg	814	1 620	2 105	407 000	810 000	799 900	31	29	4	15 500	14 500	1 520
836	Lampes à arc	4	55	214	2 080	28 600	102 720	2	2	14	1 040	1 040	6 720
837	Lampes à incandescence...(aux cents)	51 259	60 094	63 483	5 638 490	6 610 340	5 078 940	121	1 012	889	13 310	111 320	71 120
915	Charbons (pour fours électriques et électrodes)	14 030	6 067	9 026	561 200	342 680	315 910		250	1 821		10 000	63 735
916	Charbons (pour lampes, piles, balais)	1 838	3 561	6 256	257 320	498 540	750 720	60	549	18	8 400	76 800	2 160
1 179	Fils et câbles recouverts de matières textiles et vernis	304	340	1 834	179 360	200 600	715 240	6 409	7 335	5 332	3 781 310	4 327 650	2 132 800
1 180	Câbles armés ou protégés avec du fer ou tout autre métal	3 574	269	5 325	893 500	67 250	889 275	8 409	10 284	18 320	2 102 250	2 571 000	3 132 800
831	Ventilateurs électriques												
	quintaux (poids des lampes à incandescence non comptés)	46 176	30 432	91 730	15 202 730 (valeur des lampes à incandescence comptée)	15 584 790	24 596 188	21 226 (sans lampe incandescence)	23 569	33 050	7 962 600 (avec lampes incandescence)	8 738 750	7 497 245

Digitized by Google

TABLEAU XXII.

Détails d'importation en Italie (poids seulement en quintaux) pour les 9 premiers mois de 1916, 1915 et 1914.

PAYS ET DÉSIGNATION	1916	1915	1914
Allemagne:			
Dynamos de plus de 1 000 kg.....		4 621	24 538
Dynamos de moins de 1 000 kg...	15	1 025	6 220
Transformateurs.....		3 369	9 382
Pièces détachées de dynamos et transformateurs.....	17	425	1 254
Appareils électrotechniques de moins de 100 kg.....	12	1 397	4 432
Appareils électrotechniques de plus de 100 kg.....		1 072	1 649
Lampes à incandescence (centaines)	18 030	25 940	32 841
Charbons pour lampes, piles, balais	18	2 411	5 089
Fils et câbles recouverts.....		71	1 465
Câbles armés ou protégés.....		256	4 905
Suisse.			
Dynamos de plus de 1 000 kg....	1 204	690	1 697
Dynamos de moins de 1 000 kg...	968	956	741
Transformateurs.....	522	638	1 781
Pièces détachées de dynamos et transformateurs.....	366	330	250
Appareils électrotechniques de moins de 100 kg.....	755	355	515
Lampes à incandescence (centaines)	15 583	1 221	1 330
Angleterre.			
Dynamos de plus de 1 000 kg....	2 585	435	728
Dynamos de moins de 1 000 kg...	1 304	833	546
Câbles armés ou protégés.....	3 385	6	197
Hollande.			
Lampes à incandescence (centaines)	11 106	5 819	5 085
États-Unis.			
Pièces détachées de dynamos....	1 398	524	277
Appareils électrotechniques de plus de 100 kg.....	424	8	181
Autriche.			
Dynamos de plus de 1 000 kg....		2 989	708
Dynamos de moins de 1 000 kg...		64	259
Transformateurs.....	2	602	5 845
Lampes à incandescence (centaines)	66	22 730	22 133
Charbons pour lampes, piles, balais		384	833
Fils et câbles recouverts.....		5	177
France.			
Pièces détachées pour dynamos et transformateurs.....	127	39	339
Lampes à incandescence (centaines)	139	713	1 477

il ne faut pas oublier que le chiffre de la consommation italienne intérieure a augmenté et que l'exportation du matériel italien est passée du chiffre de

Lires 14 270 605 en 1909, à :

15 609 707	1911
21 157 359	1912
20 120 169	1913

TABLEAU XXIII.

Détails d'exportation d'Italie (poids seulement en quintaux) pour les 9 premiers mois de 1916, 1915 et 1914.

PAYS ET DÉSIGNATION	1916	1915	1914
Argentine.			
Dynamos de moins de 1 000 kg...	45	905	1 862
Fils et câbles recouverts.....	1 847	2 177	1 090
Câbles armés et protégés.....	6 671	9 781	16 243
Angleterre.			
Fils et câbles recouverts.....	2 293	2 844	2 782
Espagne.			
Dynamos de moins de 1 000 kg...	1 260	585	277
France.			
Dynamos de moins de 1 000 kg...	1 201	469	696
Câbles armés.....	2		
Brésil.			
Fils et câbles recouverts.....	268	235	410
Australie.			
Fils et câbles recouverts.....	48	43	133
Tripoli et Cyrénaïque.			
Fils et câbles recouverts.....	8	58	23

Les principaux articles pour lesquels l'Italie a pris le dessus sont les suivants :

Les machines dynamo-électriques de plus de 1 000 kg. — Leur importation a diminué d'environ 2 millions, et leur exportation a augmenté d'environ 100 000 lires par an.

Les mêmes machines de moins de 1 000 kg. — Leur importation a diminué d'un million et leur exportation a augmenté de 600 000 à 800 000 lires par an.

Les ventilateurs et agitateurs d'air. — Leur importation a été nulle (quoique pas mal des matériaux entrant dans leur fabrication viennent de l'étranger) ; mais le chiffre de leurs exportations se maintenait à plus de 9 millions et demi de lires par an.

Les fils et câbles recouverts. — Leur exportation a été supérieure de 2 à 3 millions par an à l'importation.

Les câbles armés. — L'exportation, qui était inférieure à l'importation en 1911, est devenue, en 1913, supérieure à celle-ci.

Parmi les articles pour lesquels l'industrie italienne a décliné, il faut citer :

Les machines actionnées par des dynamos de plus de 1 000 kg. — Il n'y a eu presque aucune exportation.

Les mêmes de moins de 1 000 kg. — Exportation faible.

Les transformateurs. — Leur proportion d'exportation a été très inférieure au gros chiffre d'importation.

Les accumulateurs. — Les importations dépassent les exportations.

Les pièces détachées de dynamos et transformateurs. — Même observation.

Les lampes à incandescence. — Leur importation

Digitized by Google

TABLEAU XXIV.

NUMÉROS DE LA STATISTIQUE ITALIENNE	VALEURS EN LIRES					
	1913		1912		1911	
	IMPORTATIONS	EXPORTATIONS	IMPORTATIONS	EXPORTATIONS	IMPORTATIONS	EXPORTATIONS
810	4 281 770	204 750	6 108 480	203 910	6 968 430	119 910
811	4 098 870	2 046 060	4 991 000	1 865 360	5 918 920	1 265 600
812	68 880		42 000		34 440	3 350
813	58 050	1 080	72 520	3 360	38 920	7 360
823	3 255 560	231 525	3 791 620	91 875	3 725 960	35 525
824	131 200	37 600	144 320	30 400	53 920	82 720
825	1 852 830	373 275	1 875 195	435 800	1 645 245	187 110
834	3 627 540	165 900	2 769 480	74 340	3 086 580	72 660
835	1 359 260	2 660	1 881 000	21 740	1 379 020	7 600
836	248 640	2 400	316 800	16 800	478 560	18 240
837	9 092 244	176 344	8 608 770	162 630	3 823 350	88 250
915	279 440	14 140	276 960	59 744	174 616	46 592
916	600 840	540	671 160	2 160	592 740	780
1 179	1 759 590	4 910 780	1 394 505	6 441 000	848 250	3 712 410
1 180	1 377 750	2 117 115	1 451 376	1 930 240	2 391 200	933 600
831 (Ventilateurs)		9 836 000		9 818 000		9 028 000
	31 492 464	20 120 169	34 395 186	21 157 359	31 156 151	15 609 707

ayant augmenté de façon considérable, l'exportation a été plutôt stationnaire.

Les appareils électrotechniques de moins de 100 kg. — Leur importation a dépassé de beaucoup les exportations.

Les charbons pour fours électriques et électrodes. — Leur exportation a diminué en raison inverse de l'augmentation des importations.

Les principaux vendeurs à l'Italie de matériel électrique avant la guerre étaient, par ordre d'importance, l'Allemagne, l'Autriche, la Suisse, la France, les Etats-Unis, la Hollande, la Suède. Quant à l'exportation italienne, elle a paru se diriger tout naturellement vers l'Argentine, le Brésil, la Tripolitaine, l'Uruguay, la France, etc., c'est-à-dire vers les centres de colonisation où la pénétration de l'immigration italienne s'est fait le plus sentir.

Puissent les fabricants français de matériel électrique prendre, après-guerre, une place plus importante qu'avant-guerre dans l'importation de leurs appareils en Italie : nous ne doutons pas de leur succès dans ce pays allié, de race latine, et appréciateur du matériel soigné.

Désiré PECTOR,
Conseiller honoraire du commerce extérieur

Revues, analyses et informations

Projets de création de banques par les nations alliées.

Il est intéressant de noter les diverses tentatives d'expansion économique auxquelles se livrent actuellement nos alliés.

Ainsi, l'Italie et la Russie se proposent de créer un puissant organisme financier et commercial dans le but de développer les relations commerciales des deux pays, de faciliter les rapports économiques et financiers, d'aider et de soutenir financièrement les importateurs et exportateurs communs et de faire mieux connaître et apprécier les produits des deux nations. A cet effet, une « Société commerciale italo-russe » serait constituée avec le concours des gouvernements respectifs, des banques et des industriels italo-russes. Le capital initial serait de 20 millions de lires, fourni partie par les gouvernements, partie par les banques des deux pays. Des représentants communs figureraient au Conseil d'administration et le siège social serait établi à Rome et à Pétrograd. De plus, la Société aurait un service d'informations qui, avec l'aide des Chambres de commerce et des institutions commerciales, pourra fournir tous renseignements et toutes indications sur l'introduction des produits nationaux d'un pays dans l'autre.

De son côté, l'Angleterre fonderait, avant la fin de la guerre, une « Banque anglaise commerciale » au capital de 250 000 000 fr. Cette banque, d'après M. A. Raffalovitch, n'ouvrirait de comptes courants qu'aux exportateurs et aurait un bureau de crédit pour toute affaire traitée à l'étranger. Dans certains cas, elle pourrait accepter des

Digitized by Google

risques sur comptes joints. Enfin, elle devrait devenir, partout où elle aurait des filiales, un centre d'opérations syndicales et mettre à la disposition de ses clients toutes les informations que lui fourniraient ses bureaux spéciaux de renseignements. L'appui du gouvernement lui permettra de prendre des risques de crédit que d'autres banques évitent.

Du Japon même il nous vient l'écho d'une constitution de Société, au capital de 17 000 000 yen, en vue de développer le commerce russo-japonais.

Il est regrettable que, dans tous ces projets bancaires, commerciaux et économiques, la France n'y figure à aucun titre. Il nous souvient cependant d'un projet de Banque nationale au capital de 250 millions de francs, soumis à l'approbation de M. Raoul Péret, rapporteur du budget et du ministre des Finances, répondant en tous points aux desiderata des exportateurs français. L'on a parlé récemment de la création éventuelle d'une Banque spéciale française du commerce extérieur, qui accepterait le crédit commercial à long terme et documenterait les industriels par un service d'informations bien organisé. Que deviennent tous ces projets et qu'attendent le gouvernement d'abord, les banques ensuite, pour suivre l'exemple de nos alliés?

Notes économiques sur l'Allemagne.

On s'occupe beaucoup, dans les milieux industriels allemands, de la situation économique après la guerre et on vient de fonder un « Conseil de l'industrie allemande ». L'« Elektrotechnische Zeitschrift » du 30 novembre publie à ce sujet la note suivante :

« Afin de contribuer à la défense des intérêts économiques allemands, dans les nouvelles conditions qui se présenteront après la guerre, le Comité de l'Union centrale des Industriels allemands et le grand Conseil de l'Union des industriels, ont, dans une séance commune tenue le 25 octobre, décidé que les travaux du Comité de guerre de l'industrie allemande seront continués après la guerre. »

» Dans ce but, on a fondé, avec la collaboration de la Société pour la protection des intérêts de l'industrie chimique allemande, le « Conseil de l'industrie allemande », qui doit à l'avenir défendre les intérêts généraux de l'industrie et s'occuper des questions politiques et économiques intéressant les diverses sociétés, qui n'en conserveront pas moins leur indépendance. Le Conseil comprendra cinquante-quatre membres. »

La section du trafic maritime et du commerce mondial de l'Université de Kiel, publie des conférences qui ont été faites sur les conditions économiques pendant la durée de la guerre, et entre autres une étude de M. le docteur E. Oberfohrer, sur les « Efforts français pour anéantir le commerce allemand », étude dont l'« Elektrotechnische Zeitschrift », du 21 décembre, donne l'analyse suivante :

» Dans une brochure de soixante pages, l'auteur énumère toutes les nouvelles associations et institutions qui se sont fondées en France pendant la guerre et dont les buts principaux sont d'empêcher, après la guerre, tout commerce allemand avec la France et ses colonies, d'évincer les marchandises allemandes des pays alliés et de faire concurrence à l'importation allemande dans les pays neutres.

» La lecture de cette brochure, donne l'impression que, pendant la guerre, les commerçants et les industriels français n'ont rien autre à faire que de s'occuper de la question de nuire au commerce allemand. Dans toutes les propositions on admet comme allant de soi que l'Allemagne perdra la guerre.

» En général, toutes les propositions arrivent à la conclusion que les prix français doivent être abaissés, que l'on doit créer de grandes organisations pour les informations étrangères et utiliser des agents de commerce, que les banques devront financer les exportations, et que le gouvernement devra soutenir chaque industrie.

» On peut attendre avec tranquillité les succès réels de cette organisation anti-allemande, si la première hypothèse, qui en est la base, ne se réalise pas. »

—

On se plaint beaucoup des atteintes aux droits privés provoquées par les mesures économiques prises par les gouvernements alliés. Dans un long article, non signé, paru dans l'« Elektrotechnische Zeitschrift », du 30 novembre, sur « Le commerce et la fortune des allemands, en Angleterre, en France et en Russie », on s'exprime de la manière suivante :

« Comme nos adversaires ne peuvent pas nous réduire par les armes, ils tâchent de détruire notre existence économique par des mesures législatives de nature politique et économique, particulièrement par des interdictions de commerce et la saisie de la fortune des Allemands et de leurs alliés. Ces mesures sont des atteintes au droit privé et entraînent une législation d'exception. Elles ont pris un développement énorme qui s'accroît encore tous les jours par la législation et les autorités.

» Jusqu'ici, il était de principe, que le droit privé était intangible dans les pays en guerre, tant que le but de la guerre ne rendait pas son atteinte nécessaire. En particulier, il devrait être interdit d'annuler ou de restreindre temporairement les droits et les réclamations de sujets de l'ennemi ou bien l'annulation de leur droit de se défendre. Les délibérations de La Haye, confirment cette manière de voir.

» Par contre, dans la guerre maritime, il est admis actuellement que la propriété privée, sous le drapeau ennemi, peut être saisie. »

Le journal se plaint que, dès le commencement de la guerre, l'Angleterre a interdit tout commerce avec l'ennemi et décidé que les conventions passées avec ses sujets étaient annulées.

La France et la Russie ont suivi cet exemple, tandis que l'Allemagne n'a pris aucune mesure de ce genre.

L'Office impérial des brevets (Reichspatentamt) a fait paraître une note, reproduite dans le numéro du 30 novembre de l'« Elektrotechnische Zeitschrift », dans laquelle il demande que tout Allemand, possesseur de brevet, de modèle ou de marque de fabrique, dont les intérêts à l'étranger ont été lésés, le lui fasse connaître, afin d'établir un rapport général.

Le journal du 26 décembre publie un décret du gouverneur de la Pologne russe, ordonnant la réquisition des machines et appareils électriques et un autre du gouverneur de la Belgique, relatif à la réquisition du cuivre, de l'étain, du bronze et du laiton.

Signalons encore que l'on s'occupe activement en Allemagne de débarrasser la langue des mots étrangers qui en détruisent l'harmonie. Voici, en effet, ce qu'indique le numéro du 28 décembre, de l'« Elektrotechnische Zeitschrift », parmi les ouvrages reçus.

« Dictionnaire allemand pour l'ensemble de l'optique servant de conseil pour la germanisation, à l'usage des opticiens, oculistes, photographes, etc., publié par le Comité pour l'exclusion des mots étrangers dans l'optique, 40 pages, texte in-8°. A. Ehrlich, éditeur, Berlin, prix, 1,8 mark (2,25 fr). »

F. Loppé.

Digitized by Google

Assemblées générales

Constructions électriques Nancy.

Assemblée générale ordinaire du 16 septembre 1916.

Le bilan de la Société, au 30 juin 1916, englobe les deux exercices 1914-1915 et 1915-1916.

Le bénéfice de l'exercice 1913-1914 avait été de 380000 fr; le résultat des deux années suivantes représente une moyenne de 371000 fr, ce qui peut être considéré comme un résultat heureux, car la première partie de 1914-1915 n'avait produit aucun bénéfice.

Sur le solde bénéficiaire de 742460 fr de ces deux exercices, il a été d'abord consacré une somme de 195297 fr à l'amortissement des dépenses faites pour l'achèvement de l installation de l'usine de fabrication de matériel électrique du quai de la Bataille, et pour l'installation spéciale des machines et de l'outillage destinés à la production du matériel de guerre, et une autre somme de 20000 fr pour compléter l'amortissement du matériel exclusivement destiné à la production de la guerre.

Il a été ensuite réparti un dividende aux actions de 5 pour 100 pour l'exercice 1915-1916 et de 1 pour 100 de complément pour l'exercice 1914-1915 sur lequel il avait déjà été payé un acompte de 5 pour 100.

Le solde du compte profits et pertes, soit 90000 fr, a été porté au compte de réserves extraordinaires.

Bilan au 30 juin 1916.

Actif.

	fr
Terrains, usine, matériel, outillage	1 599 067,17
Caisse et effets à recevoir	44 158,05
Comptes débiteurs	946 977,91
Approvisionnements et travaux en cours	1 191 474,75
Comptes d'ordre	99 013,75
	3 881 291,63

Passif.

	fr
Capital	2 000 000 »
Réserves diverses	161 934,75
Amortissements	475 000 »
Comptes créditeurs et provisions	501 896,02
Profits et pertes	742 460,86
	3 881 291,63

Omnium français d'Electricité.

Assemblée générale ordinaire du 21 décembre 1916.

L'exercice terminé au 30 juin 1916 présente une amélioration sur le précédent, obtenue par l'extension des affaires existantes sans la création de nouvelles entreprises.

Les secteurs de Meaux, de la Sarthe et d Eure-et-Loir ont été développés, un fonds de commerce a été racheté à Chartres, enfin les extensions de la Ferté-Bernard et les travaux du secteur d'Argent ont été passés en compte au poste « secteurs en voie de constitution ». Les autres comptes du bilan ne présentent pas de modifications importantes par rapport à l'exercice précédent; on remarque toutefois que le total de l'actif disponible est en augmentation de 200000 fr.

Le solde bénéficiaire du compte profits et pertes est de 83777 fr contre 54133 fr pour l'exercice précédent.

Après prélèvement de 5 pour 100 pour la réserve légale, le solde, soit 79588 fr, a été reporté à nouveau, ce qui porte ce compte à 131014 fr.

Bilan au 30 juin 1916.

Actif.

	fr
Fonds de commerce	1 »
Frais de constitution et d'émission	1 »
Matériel Levallois	1 »
Mobilier	1 »
Immeuble du siège social	142 164,95
Portefeuille	777 490,00
Cautionnements	107 474,95
Participations financières	757 236,67
Secteurs en propriété	584 549,53
Matériel pour la location	7 306,35
Travaux en cours	143 354,54
Magasins	5 670,50
Secteurs en voie de constitution	759 048,19
Installations en préparation	48 981,85
Comptes courants :	
Filiales	622 456,31
Communes	48 736,58
Clients divers	259 477,14
Consortiums	115 159,86
Caisse	2 834,66
Banques	58 233,91
Effets à recevoir	320 663,85
Actionnaires	45 507,30
Coupons à encaisser	5 616,42
Bons de la Défense	100 400 »
Compte d'ordre	10 825 »
	4 908 952,56

Passif.

	fr
Capital :	
Actions	2 400 000 »
Obligations	216 500 »
Reserves	
Réserve légale	43 896,67
Réserve extraordinaire	65 000 »
Provisions :	
Pour amortissements	677 348,40
Pour travaux en cours ou préparation	55 566,77
Pour risques de guerre	181 530,38
Créances exigibles	209 613,77
Créances non exigibles :	
Comptes courants	556 392,98
Fournisseurs et créditeurs divers	224 920,11
Soldes dus sur immeubles (Paris et province)	143 000 »
Compte de résultats :	
Bénéfice de l'exercice	83 777,02
Report de l'exercice précédent	51 406,46
	4 908 952,56

Digitized by Google

SECTION DE LÉGISLATION

Législation, jurisprudence, réglementation

Décret relatif à la réception des signaux radio-électriques.

Le « Journal officiel » du 6 mars 1917 publie, p. 1835, le décret suivant, pris en date du 24 février par le ministre de de la marine et le ministre de la guerre :

ARTICLE PREMIER. — Il est interdit aux particuliers d'établir ou d'utiliser, sans l'autorisation du ministre du Commerce, de l'Industrie, de l'Agriculture, du Travail, des Postes et des Télégraphes, soit sur le territoire français, soit au-dessus de ce territoire, soit à bord des bateaux français, des machines ou appareils télégraphiques ou autres susceptibles d'assurer la transmission ou la réception de signaux.

Il est également interdit, dans les eaux territoriales françaises, d'employer à bord des navires étrangers des appareils ou installations radio-électriques sans se conformer aux règlements édictés par le gouvernement pour l'usage de tels appareils et installations dans lesdites eaux territoriales.

ART. 2. — L'autorisation d'établir un poste radio-électrique de transmission n'est accordée aux particuliers qu'autant qu'il ne peut en résulter aucun inconvénient pour le fonctionnement des postes d'intérêt public. Le ministre du Commerce, de l'Industrie, de l'Agriculture, du Travail, des Postes et des Télégraphes, lorsqu'il estime, après avis des ministres de la Guerre et de la Marine, qu'il y a lieu d'autoriser l'établissement du poste dont la création est demandée, fixe les conditions d'établissement et d'usage à remplir par ce poste.

ART. 3. — Les postes radio-électriques de réception sont autorisés dans les mêmes conditions que les postes de transmission.

Toutefois, les postes de réception horaires et météorologiques, dont la concession est sollicitée par des citoyens français sont autorisés par le chef du service local des Postes et des Télégraphes sur demande de l'intéressé, dans les conditions prévues par un arrêté du ministre du Commerce, de l'Industrie, de l'Agriculture, du Travail, des Postes et des Télégraphes, pris après avis des ministères de la Guerre et de la Marine. Des mesures spéciales pourront être édictées sur l'avis des ministères de la Guerre et de la Marine, en vue de la concession des postes de l'espèce dans certaines zones déterminées.

ART. 4. — Les redevances à payer par les concessionnaires des postes autorisés sont fixées par le ministre du Commerce, de l'Industrie, du Travail, des Postes et des Télégraphes, d'accord avec le ministre des Finances.

Les postes de réception horaires et météorologiques ne donnent lieu qu'à la perception d'un droit de statistique fixé à 5 fr par an et par poste d'écoute.

ART. 5. — En temps de guerre :

1° Tous les postes privés radio-électriques, sauf ceux utilisés par ou pour le compte des autorités militaires, doivent être supprimés. Les possesseurs de ces postes doivent faire disparaître les antennes et déposer les appareils essentiels d'émission et de réception dans les locaux désignés par l'administration des Postes et des Télégraphes.

2° Les antennes des postes de télégraphie sans fil des navires de commerce doivent, à moins d'autorisation spéciale accordée par l'autorité maritime, être descendues pendant toute la durée du séjour de ces navires dans les ports et dans les eaux territoriales. En outre, la cabine du poste doit être fermée et la clef remise entre les mains du commandant du navire. Aucune opération (entretien, réparation, etc.) ne doit être faite sans que cet officier ait constaté qu'elle est effectuée par des personnes ayant qualité pour cela.

3° Des arrêtés du ministre du Commerce, de l'Industrie, de l'Agriculture, du Travail, des Postes et des Télégraphes, pris sur l'avis conforme du ministre de la Guerre et du ministre de la Marine, peuvent interdire temporairement la fabrication, la détention et la vente, à moins d'autorisations spéciales, des appareils radio-électriques.

ART. 6. — Sont applicables aux faits visés par le présent décret les dispositions du titre V du décret-loi du 27 décembre 1851.

En temps de guerre, tout représentant du ministre de la Guerre ou du ministre de la Marine sera également qualifié pour dresser des procès-verbaux prévus à l'article 10 du décret-loi précité.

Dans le même cas, les départements de la Guerre et de la Marine pourront également prendre les mesures provisoires prévues à l'article 12 du décret-loi du 27 décembre 1851 et qui seront jugées immédiatement nécessaires.

Les procès-verbaux dressés par les officiers des armées de terre et de mer ne sont pas soumis à l'affirmation. Ils font foi jusqu'à preuve contraire.

ART. 7. — Les ministres du Commerce, de l'Industrie, de l'Agriculture, du Travail, des Postes et des Télégraphes, de la Guerre et de la Marine sont chargés de l'exécution du présent décret qui sera publié au « Journal officiel » et inséré au « Bulletin des lois ».

Loi sur les responsabilités des accidents de travail.

Le « Journal officiel » du 7 mars 1917 publie, p. 1845, la loi suivante promulguée le 5 mars 1917 par le Président de la République :

ARTICLE UNIQUE. — Le paragraphe 3 de l'article 4 de la loi du 9 avril 1898, modifiée par la loi du 31 mars 1905, est modifié comme suit :

« Le chef d'entreprise est seul tenu, dans tous les cas, en outre des obligations contenues à l'article 3, des frais d'hospitalisation qui, tout compris, ne pourront dépasser le tarif établi pour l'application de l'article 24 de la loi du 15 juillet 1893, majoré de 50 pour 100, ni excéder jamais 5.75 fr par jour pour Paris ou 5 fr partout ailleurs. »

La présente loi, délibérée et adoptée par le Sénat et par la Chambre des députés, sera exécutée comme loi de l'Etat.

Arrêté relatif à la taxation des charbons français.

Le « Journal officiel » du 6 mars 1917 publie, p. 1835, l'arrêté suivant pris en date du 4 mars 1917, par le ministre des Travaux publics, des Transports et du Ravitaillement.

Vu la loi du 23 avril 1916 et notamment ses articles 1er et 2, ainsi conçus :

« *Article premier.* — Des arrêtés du ministre des Travaux

Digitized by Google

publics pourront fixer, pour les charbons extraits des mines françaises, les prix de vente maxima au carreau des mines, un prix distinct étant établi pour chaque qualité et pour chaque bassin houiller.

« *Art. 2.* — Les mêmes arrêtés pourront fixer, pour chaque centre d'importation, les prix de vente maxima des charbons à l'importation.

« En cas de recours contre ces arrêtés ou contre ceux fixés par l'article 1er la taxation sera exécutoire par provision ;

Vu l'arrêté du 8 août 1916, pris en exécution de cette loi ;

Sur la proposition du directeur des mines,

Arrête :

ARTICLE PREMIER. — A partir du 6 mars 1917, le tableau joint à l'arrêté du 8 août 1916, fixant les prix de vente maxima au carreau des mines des charbons extraits des mines françaises, est modifié comme suit :

BASSIN DE RIVE-DE-GIER

a) Mines de la Péronnière.

b) Mines de la Haute-Cappe.

Augmentation de 1 fr par tonne sur toutes les sortes de charbon.

BASSIN DE L'ISÈRE

Mine d'anthracite de la Mure.

Anthracite :

Calibré œuf, 35 à 55 mm	49 fr
Calibré noix, 23 à 55 mm	49
Grésil n° 1, 16 à 25 mm	40
Cassé criblé, 25 à 35 mm	44
Cassé criblé gros, 50 à 80 mm	48
Criblé plus gros que 16 mm	37
Menu	21
Barré cassé	26
Boulets	40

Décret relatif à la constatation et évaluation des dommages résultant des faits de guerre.

Le « Journal officiel » du 8 mars 1917 publie, p. 1876, le décret présidentiel suivant :

ARTICLE PREMIER. — Les articles 27, 28 et 29 du décret susvisé du 20 juillet 1915 sont remplacés par les dispositions ci-après :

« *Art. 27.* — Les règles spéciales du titre III sont applicables aux demandes concernant les voies ferrées d'intérêt local et les services de distribution d'eau, de gaz ou d'électricité.

TITRE III

Régime spécial aux mines, aux voies ferrées d'intérêt local et aux distributions d'eau, de gaz ou d'électricité.

« *Art. 28.* — La demande est présentée, suivant la qualité du demandeur, soit en conformité de l'article 3, soit en conformité de l'article 19 ou de l'article 22.

« Lorsque l'exploitation s'étend sur plusieurs départements, la demande est déposée à la mairie de la commune ou à la préfecture du département où se sont produits les dommages les plus importants. Il est statué sur l'ensemble des dommages par la Commission d'évaluation de ce département.

« *Art. 29.* — La demande est soumise sans délai à l'ingénieur ou à l'agent préposé au contrôle ou à la surveillance de l'entreprise.

« Celui-ci procède à toutes constatations utiles et entend les personnes qu'il juge qualifiées pour fournir leur avis. S'il s'agit d'un service public départemental ou municipal géré par un particulier ou une Compagnie, en vertu d'une concession, d'une autorisation ou de tout autre titre, il vérifie notamment qu'il n'existe pas de double emploi entre les demandes formulées par le département ou la commune, d'une part, et le gérant du service, d'autre part. Il provoque, au besoin, l'avis de chacune de ces parties sur les demandes formulées par l'autre.

« Lorsque les installations ont été modifiées ou des travaux exécutés par ordre de l'autorité militaire, l'ingénieur ou l'agent du contrôle indique celles de ces améliorations qui lui paraissent procurer un avantage pécuniaire aux parties en cause et en évalue le montant.

« Dans le délai d'un mois, l'ingénieur ou l'agent consulté remet le dossier au préfet, avec ses conclusions, en joignant à l'appui un rapport détaillé et tous les renseignements qu'il juge utiles. »

ART. 2. — Le garde des sceaux, ministre de la Justice, de l'Instruction publique et des Beaux-Arts, le ministre de l'Intérieur, le ministre des Finances et le ministre des Travaux publics, des Transports et du Ravitaillement sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret, qui sera publié au « Journal officiel de la République française » et inséré au « Bulletin des lois ».

Décret relevant temporairement les tarifs inscrits au cahier des charges des tramways de Saumur.

L'élévation considérable du prix du combustible et de la matière première nécessaire aux travaux de réparation et d'entretien, le relèvement du salaire des agents nécessité par la cherté des vivres, la diminution du trafic ont mis un grand nombre de Compagnies assurant un service public dans l'impossibilité de continuer ce service dans les conditions stipulées aux cahiers des charges. Déjà un arrêté du Conseil d'État, en date du 30 mars 1916, avait autorisé la Compagnie générale d'Eclairage de Bordeaux à relever ses tarifs. Le « Journal officiel » du 9 mars 1917 publie p. 1900 un décret, en date du 28 février 1917, du ministre des Travaux publics des Transports et du Ravitaillement autorisant la Compagnie des Tramways de Saumur à relever ses tarifs pendant une période égale à la durée de la guerre augmentée d'une année, et un tableau indiquant les droits de péage et les prix de transports à percevoir. Ce décret offre donc un grand intérêt pour les Compagnies assurant des services publics et qui ont des difficultés avec les municipalités au sujet des demandes de relèvement de tarifs qu'elles ont pu formuler.

D'ailleurs le « Journal officiel » du 17 mars 1917 publie, p. 2131 un décret analogue, en date du 13 mois 1917, du même ministre, autorisant le relèvement temporaire des tarifs en vigueur sur les tramways départementaux de la Vendée, et p. 2133, un décret en date du 13 mars 1917, autorisant la Compagnie des tramways de la Côte d'Azur à élever provisoirement ses tarifs.

Décret relatif à l'avance de l'heure.

Le « Journal officiel » du 21 mars 1917 publie le décret suivant du Ministre des Travaux publics, relatif à l'avance de l'heure :

ARTICLE PREMIER. — Dans la nuit du 24 au 25 mars à 23 heures, l'heure légale sera avancée de 60 minutes.

ART. 2. — L'heure normale sera rétablie le 7 octobre.

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

1re Année. — Tome I. — N° 13. — 31 Mars 1917.

Chronique. — Conditions à remplir au point de vue des coups de bélier par les régulateurs des moteurs hydrauliques — L'institut supérieur d'optique. — Nécrologie : Angelo Battelli, p. 481 et 482.

Section scientifique et technique. — Note sur les conditions à remplir au point de vue des coups de bélier par les régulateurs des moteurs hydrauliques, par le comte de Sparre, p. 483. — Revues, analyses et informations : Four électrique pour les essais de matériaux réfractaires, p. 490; Pompes à vide élevé à condensation, p. 491 ; Mobilité des ions gazeux dans les champs électriques intenses, p. 494.

Section industrielle. — Les usines et le réseau de la Société Hydro-électrique des Basses-Pyrénées, par Jacques de Soucy, p. 495. — La Foire de Lyon (*suite*), p. 510. — Revues, analyses et informations : Les matières de remplacement pour l'électrotechnique en Allemagne, p. 514.

Section économique et financière. — Assemblées générales : Société des produits azotés, p. 515. — Compagnie française des câbles télégraphiques, p. 515. — Société d'électrométallurgie de Dives, p. 516. — Compagnie l'Union des gaz, p. 516. — Revues, analyses et informations : L'équipement électrique des houillères du Donetz, p. 517, Le Bureau commercial de l'armée d'Orient et l'extension économique française en Orient, p. 518 ; — La production de la cyanamide en France et en Italie, p. 518.

Section de législation. — Sur un projet de loi relatif au recensement industriel, p. 519. — Législation, jurisprudence, réglementation : Organisation du crédit au petit et au moyen commerce, à la petite et à la moyenne industrie, p. 519. — Loi relative aux mesures à prendre pour protéger contre l'alcoolisme les ouvriers et employés occupés dans les établissements soumis au code du travail, p. 520. — Décret relatif à une Convention entre la France et la Suède pour la protection réciproque en Chine des marques de fabrique, etc., p. 520.

Conditions à remplir au point de vue des coups de bélier par les régulateurs des moteurs hydrauliques. — Le Comte de Sparre, doyen de la Faculté catholique des Sciences de Lyon, dont on connaît les travaux sur les questions hydrauliques et notamment sur la théorie des coups de bélier, avait bien voulu faire connaître à la rédaction de *La Lumière Électrique* qu'il pensait lui remettre un mémoire sur les coups de bélier dans les conduites de diamètre variable ; mais l'étude de la question demandant un développement beaucoup plus considérable qu'il ne l'avait pensé d'abord, M. de Sparre s'est borné provisoirement à donner un aperçu de la question dans le Compte Rendu des Séances de l'Académie des Sciences, se réservant d'y revenir dans un mémoire plus étendu qu'il fera publier ultérieurement.

Toutefois M. de Sparre a bien voulu nous remettre immédiatement la note qu'on trouvera plus loin, pages 483-489, dont l'intérêt pratique n'échappera pas aux constructeurs, et qu'il avait été amené à rédiger pour répondre à des questions qui lui avaient été soumises par des ingénieurs.

Lorsqu'on calcule la valeur de fermeture d'une conduite par la condition que le coup de bélier ne dépasse pas une valeur déterminée, si on suppose la valeur de fermeture linéaire, on trouve une vitesse de fermeture qui dépend de l'ouverture du distributeur au moment où commence le mouvement et qui est d'autant plus grande que l'ouverture initiale est plus grande. Cependant, si la turbine est appelée à travailler avec une ouverture variable, on devra adopter, pour être à l'abri de tout risque, la vitesse de fermeture minimum et il en résultera que, lorsque la turbine travaille à pleine charge, ce qui sera le cas le plus fréquent, on aura un régulateur qui fonctionnera beaucoup plus lentement que cela n'est utile.

Le premier problème résolu par M. de Sparre est celui-ci : « Loi de fermeture à adopter pour que quelle que soit l'ouverture initiale du distributeur, le coup de bélier maximum prenne une valeur donnée ».

Examinant un autre côté de la question l'auteur établit ensuite : « Quelle est pour une ouverture donnée du distributeur et pour une valeur également donnée du coup de bélier maximum la loi de fermeture qu'il faut admettre pour que la durée de fermeture complète soit aussi petite que possible ».

L'Institut supérieur d'optique. — Depuis quelques mois les fabricants d'instruments d'optique, d'une part, les physiciens, d'autre part, se préoccupent vivement des moyens qui permettraient à la France de reprendre le rôle prépondérant qu'elle a tenu pendant plusieurs siècles tant dans les recherches théoriques d'optique que dans leurs applications aux sciences, aux arts et à l'industrie. A la suite de démarches pressantes les pouvoirs publics se sont intéressés à la question et les ministres de l'Instruction publique et du Commerce ont nommé une Commission chargée de l'étudier. Le projet actuellement soumis à sa discussion comporterait la création d'un Institut d'optique qui serait un établissement à la fois d'enseignement, de recherches et d'essai.

Digitized by Google

Dans un rapport présenté récemment au Syndicat patronal des Constructeurs et Négociants en instruments d'optique et de précision, M. A. Jobin, ancien élève de l'Ecole polytechnique et constructeur d'instruments de précision, a exposé les idées et points de vue des constructeurs au sujet du rôle de l'enseignement théorique, pratique et professionnel de l'institut d'optique en projet. D'après ce rapport et d'après les explications fournies à son sujet par M. Fabry à l'une des dernières séances de la Société française de Physique, cet institut comprendrait trois sections : 1° une école supérieure où pourraient s'inscrire les futurs ingénieurs opticiens, ainsi que les personnes ayant besoin d'acquérir des connaissances précises sur la construction et l'emploi des instruments d'optique ; 2° un laboratoire d'enseignement (où les élèves passeraient la plus grande partie de leur temps), de recherches et d'essais ; 3° une école professionnelle destinée à former des ouvriers et des contremaitres pour l'industrie de l'optique.

Les électriciens ne sauraient se désintéresser de ce progrès ; l'électricité, en tant que science, a en effet de nombreux points de contact avec l'optique théorique, de sorte que tout progrès de l'une se répercute sur l'autre ; d'autre part, il ne faut pas oublier que l'éclairage a été l'une des premières applications pratiques de l'électricité et que, si de nouvelles applications comme la traction, la commande des machines-outils, des appareils de levage, des engins métallurgiques et miniers ont donné lieu à des installations individuellement plus puissantes que les installations d'éclairage, celles-ci n'en constituent pas moins, par suite de leur nombre, le débouché le plus important de l'énergie électrique. Le nouvel institut d'optique, en fournissant à l'industrie électrique « l'ingénieur éclairagiste », fort répandu aux États-Unis et en Angleterre, mais à peu près inconnu en France, ne peut donc manquer de contribuer indirectement au développement de celle-ci.

Cette question de la formation de l'ingénieur éclairagiste a d'ailleurs déjà préoccupé les électriciens français. En 1914, M. André Blondel, frappé des résultats obtenus dans l'évolution de l'art de l'éclairage à la suite des travaux des ingénieurs éclairagistes américains et anglais, avait tenté de créer en France une Société analogue aux Illuminating Engineering Societies de l'étranger, réunissant les personnes intéressées à l'art de l'éclairage : électriciens, gaziers, architectes, etc. ; il avait, en outre, fondé, avec le concours du regretté R. Chasseriaud, ancien rédacteur en chef de « La Lumière électrique », une revue spécialement consacrée à l'éclairage. La guerre a jusqu'ici empêché ces efforts de porter leurs fruits ; mais la récolte n'est que retardée, car à l'instigation de l'éminent président de son Comité de rédaction, la « Revue générale de l'Électricité » ne tardera à reprendre l'étude de l'art de l'éclairage sur les bases qu'il avait tracées en 1914. L'article qu'elle a publié, pages 455-460 du précédent numéro, sur la « fabrication des appareils d'éclairage artistiques » indique la généralité que nous espérons pouvoir donner à cette étude.

Nécrologie : Angelo Battelli. — Les Sciences physiques viennent d'éprouver une lourde perte en la personne d'Angelo Battelli, le célèbre physicien italien, qui est décédé à Pise, le 11 décembre 1916, à l'âge de 54 ans, usé par un travail sans relâche.

Sa carrière fut brillante et rapide. Après être resté pendant cinq ans assistant à l'institut de Physique de l'Université de Turin, il devint, à l'âge de 26 ans, titulaire de la chaire de Physique expérimentale de l'Université de Cagliari ; deux ans plus tard, il occupa la même chaire à l'Université de Padoue et succéda, à peine âgé de 30 ans, à Felici à l'Athénée de Pise et créa l'Institut de Physique de Pise.

Angelo Batteli écrivit de nombreux ouvrages de grande valeur ; alors qu'il était étudiant, il publia une étude sur les systèmes optiques centrés et un essai sur la fusion des mélanges des substances non métalliques.

Plus tard, il fit de nombreuses recherches sur le point critique et émit certaines hypothèses qui furent vérifiées ensuite par les expériences d'Amagat.

Ses études sur les propriétés thermiques de la vapeur sont universellement connues, et les équations obtenues par Battelli servent de base à toutes les études nouvelles sur les machines thermiques.

Il étudia également l'influence de la magnétisation sur la conductibilité thermique du fer, les propriétés thermo-électriques des métaux et des liquides. Il s'occupa de physique terrestre, de physique moléculaire, et étudia les frottements intérieurs des liquides et la pression osmotique et fit de remarquables études sur la décharge oscillatoire.

Parmi ses autres travaux on peut citer ses publications sur les rayons X, son traité pratique pour les mesures et recherches électriques, son traité de physique expérimentale à l'usage des Universités, la dissociation électrolytique, la radioactivité, et une série de traités à l'usage des écoles d'enseignement moyen.

Le professeur Battelli était membre de plusieurs sociétés scientifiques italiennes et étrangères, et avait fondé la Société italienne de Physique en 1897.

Sous sa vive impulsion, le journal italien « Nuovo Cimento » devint une des meilleures revues scientifiques du monde.

Angelo Battelli, malgré ses occupations scientifiques, se consacra à la vie politique ; il fut élu successivement à Pise et à Urbino, fit partie de nombreuses Commissions et fut l'auteur de lois importantes. Il était le président de l'Association électrotechnique italienne.

Quand l'Italie se rangea aux côtés de l'Entente, Angelo Battelli aurait voulu s'engager comme volontaire, son état de santé l'en ayant empêché, il consacra toute son énergie à activer et faire aboutir les travaux du Conseil supérieur des inventions de guerre dont il était membre. Il inventa lui-même des bombes incendiaires et un type spécial de lance-bombes à force centrifuge qui contribua pour beaucoup à la défense italienne. Angelo Battelli vint d'ailleurs plusieurs fois en France pour y étudier en première ligne, les engins de tranchée en plein fonctionnement ; il était dans les tranchées de Verdun lors de l'attaque furieuse des Allemands contre cette ville.

C'est donc avec respect et reconnaissance que nous saluons la mémoire de ce grand allié qui fut non seulement un grand savant mais surtout un homme d'énergie, animé des plus nobles sentiments, qui donna une vive impulsion à la science italienne et lui fit atteindre un niveau digne de la Rome antique.

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

Note sur les conditions à remplir au point de vue des coups de bélier par les régulateurs des moteurs hydrauliques

L'auteur résout les deux problèmes suivants : loi de fermeture à adopter pour que, quelle que soit l'ouverture initiale du distributeur, le coup de bélier prenne une valeur donnée; quelle est, pour une ouverture donnée du distributeur et, pour une valeur également donnée du coup de bélier maximum, la loi de fermeture qu'il faut admettre pour que la durée de fermeture complète soit aussi petite que possible.

I. — Soient y_0 la pression statique au distributeur en hauteur d'eau;

v_1 la vitesse de l'eau dans la conduite pour le distributeur complètement ouvert;

λ le rapport de la surface ouverte du distributeur, à cette surface lorsque l'ouverture est totale;

λ_0 la valeur initiale de λ;

v et y la vitesse et la pression dans la conduite près du distributeur à un instant quelconque;

l la longueur de conduite;

a la vitesse de propagation;

et de plus

$$\theta = \frac{2l}{a}, \quad \rho = \frac{av_1}{2gy_0}.$$

J'ai fait voir (1) que, si on considère une série de périodes de durées égales à θ, de telle sorte que l'on ait pour la $n^{\text{ième}}$ période

$$t = (n-1)\theta + \tau,$$

où

$$0 < \tau < \theta,$$

en désignant par $\xi_n(\tau)$ et $\lambda_n(\tau)$ le coup de bélier et la valeur de λ pendant la $n^{\text{ième}}$ période, pour la première période, quelle que soit la loi de fermeture ou d'ouverture, on a

$$\xi_1(\tau) = 2\rho y_0 \frac{\lambda_0 - \lambda_1(\tau)}{1 + \rho\lambda_1(\tau)}, \tag{1}$$

et ensuite pour une période quelconque

$$\xi_n(\tau) = 2\rho y_0 \frac{\lambda_{n-1}(\tau) - \lambda_n(\tau)}{1 + \rho\lambda_n(\tau)} - \frac{1 - \rho\lambda_{n-1}(\tau)}{1 + \rho\lambda_n(\tau)} \xi_{n-1} \tag{2}$$

J'ai montré ensuite que, si on suppose la loi de fermeture du distributeur linéaire de telle sorte que l'on ait

$$\lambda(t) = \lambda_0 - bt \tag{3}$$

(1) Société hydrotechnique de France. Comité technique, *Bulletin spécial*, n° 1, p. 7.

et par suite

$$\lambda_n(\tau) = \lambda_{n-1}(\tau) - b\theta, \tag{4}$$

on devra, pour le coup de bélier maximum, distinguer deux cas :

1° Si $\qquad \rho\lambda_0 < 1,$

le coup de bélier maximum ξ_m est

$$\xi_m = \frac{2\rho y_0 b\theta}{1 + \rho(\lambda_0 - b\theta)}; \tag{5}$$

2° Si $\qquad \rho\lambda_0 > 1,$

au lieu de cela on a très sensiblement

$$\xi_m = \frac{2\rho y_0 b\theta}{2 - \rho b\theta}. \tag{6}$$

Si on suppose le coup de bélier maximum ξ_m donné, on déduira alors de la formule 5, pour la valeur correspondante $b\theta$ de la quantité dont le distributeur sera fermé pendant une période dans le cas $\rho\lambda_0 < 1$,

$$b\theta = \frac{\xi_m}{\rho} \frac{1 + \rho\lambda_0}{2y_0 + \xi_m}; \tag{7}$$

de même, si $\rho\lambda_0 > 1$, on aura par la formule 6

$$b\theta = \frac{2\xi_m}{\rho} \frac{1}{2y_0 + \xi_m}. \tag{8}$$

On pourrait alors, dans le cas de $\rho < 1$, être tenté de prendre pour $b\theta$, c'est-à-dire pour la fraction dont le distributeur est fermé pendant une période, la valeur que l'on déduit de 7 pour $\lambda_0 = 1$, c'est-à-dire

$$b\theta = \frac{\xi_m}{\rho} \frac{1 + \rho}{2y_0 + \xi_m}. \tag{7'}$$

Toutefois, si on adoptait une loi de fermeture linéaire avec cette valeur de b, on serait exposé, pour le cas où

Digitized by Google

la turbine travaillerait sous une charge réduite, à avoir un coup de bélier dépassant de beaucoup la valeur prévue de ξ_m. Si, par exemple, on avait $\lambda_0 = b\theta$ la formule (5) donnerait,

$$\xi_m = 2\rho y_0 b\theta. \tag{5'}$$

Si, par exemple, nous supposons

$$v_1 = 4,\ y_0 = 300,\ a = 1250$$

et que nous prenions pour simplifier les calculs $g = 10$, nous aurions

$$\rho = \frac{5000}{6000} = \frac{5}{6},$$

et, si nous voulons que le coup de bélier ne dépasse pas 50 m, en prenant $\xi_m = 50$ la formule (7') nous donnerait

$$b\theta = \frac{11}{65},$$

soit sensiblement $b\theta = \frac{1}{6}$,

et, en effet, pour $b\theta = \frac{1}{6}$ la formule (5) où on fait $\lambda_0 = 1$ donnera

$$\xi_m = 49{,}18 \text{ m}.$$

Mais si on suppose qu'au début le distributeur était ouvert seulement de $\frac{1}{6}$ en prenant donc $\lambda_0 = b\theta = \frac{1}{6}$, la formule (5') donnerait

$$\xi_m = \frac{500}{6} = 83{,}33 \text{ m}.$$

Le coup de bélier dépasserait donc dans ce cas de plus de $\frac{2}{3}$ la valeur prévue.

Si au lieu de cela, on adoptait une valeur pour $b\theta$ telle que le coup de bélier ne dépasse dans aucun cas, en maintenant toujours la loi linéaire, la valeur de 50 m, on déduirait de la formule (5')

$$b\theta = \frac{\xi_m}{2\rho y_0} = \frac{1}{10}$$

La durée de fermeture devrait donc être de 10 périodes.

En réalité, si on veut que le coup de bélier ne dépasse jamais une limite donnée, quelle que soit la charge sous laquelle travaille la turbine, on devra distinguer deux cas :

1° $\rho > 1$ ·

dans ce cas pour $\lambda \geq \frac{1}{\rho}$,

on prendra pour $b\theta$, c'est-à-dire pour la fraction dont se ferme le distributeur pendant une période, la valeur (8) qui est indépendante de λ_0 et qui, si nous posons pour simplifier l'écriture

$$\frac{\xi_m}{y_0} = \frac{1}{p}, \tag{9}$$

s'écrira

$$b\theta = \frac{2}{\rho(2p+1)}. \tag{8'}$$

Si on suppose maintenant $\lambda_0 < \frac{1}{\rho}$, la valeur de b doit être déterminée par l'équation (7) qui, si on introduit la valeur de p, s'écrira

$$b\theta = \frac{1}{\rho}\,\frac{1+\rho\lambda_0}{2p+1}. \tag{10}$$

Si on différencie cette formule en y considérant b et λ_0 comme variables, on aura

$$\theta\,db = \frac{d\lambda_0}{2p+1} = K\,d\lambda_0 \tag{11}$$

en posant

$$K = \frac{1}{2p+1}. \tag{12}$$

Supposons maintenant que nous prenions $\lambda_0 = \frac{1}{\rho}$ et que nous désignions par $b_1\theta$ la valeur correspondante de $b\theta$ qui n'est autre que la valeur (8') donnée plus haut

$$b_1\theta = \frac{2}{\rho(2p+1)}. \tag{13}$$

Considérons alors une valeur λ_1 de λ_0 égale à $\frac{1}{\rho} - b_1\theta$ la valeur correspondante qu'il faudra prendre pour b_0 si l'on veut que le coup de bélier reste égal à ξ_m, sera, en vertu de (11), $b_2 = b_1 + \Delta b_1$ avec

$$\theta\,\Delta b_1 = -K b_1\theta$$

et nous aurons

$$b_2 = b_1(1-K).$$

Si nous considérons ensuite une valeur λ_2 de λ_0

$$\lambda_2 = \lambda_1 - b_2\theta,$$

on devra de même, pour que le coup de bélier ne dépasse pas ξ_m, prendre pour b une valeur b_3 telle que

$$b_3 = b_2(1-K) = b_1(1-K)^2$$

et, si nous considérons ainsi une série de valeurs décroissantes de $\lambda_0, \lambda_1, \lambda_2, \lambda_n$, on devra avoir pour les valeurs correspondantes de b

$$b_2 = b_1(1-K),\ b_3 = b_1(1-K)^2, \ldots\ldots\ b_n = b_1(1-K)^{n-1}$$

Digitized by Google

et on aura pour les valeurs correspondantes de λ

$$\lambda_1 = \frac{1}{\rho} - b_1\theta$$

$$\lambda_2 = \frac{1}{\rho} - b_1\theta - b_2\theta$$

. . . . . .

$$\lambda_n = \frac{1}{\rho} - \theta(b_1 + b_2 + \dots + b_n)$$

C'est-à-dire :

$$\lambda_n = \frac{1}{\rho} - \theta b_1 \frac{1 - (1 - K)^n}{K}.$$

Ou, en vertu des équations (12) et (13)

$$\lambda_n = \frac{2}{\rho}\left(\frac{2p}{2p+1}\right)^n - \frac{1}{\rho}, \qquad (14)$$

avec

$$b_n = b_1\left(\frac{2p}{2p+1}\right)^{n-1}. \qquad (14')$$

Si $\lambda_n = 0$, on aura pour déterminer la valeur correspondante de n

$$\left(\frac{2p}{2p+1}\right)^n = \frac{1}{2} \quad \text{ou} \quad \left(1 + \frac{1}{2p}\right)^n = 2,$$

c'est-à-dire en remplaçant p par sa valeur

$$\left(1 + \frac{\xi_m}{2y_0}\right)^n = 2.$$

On tire de là pour la valeur de n

$$n = \frac{\log 2}{\log\left(1 + \frac{\xi_m}{2y_0}\right)}. \qquad (15)$$

En général cette valeur ne sera pas entière mais elle sera comprise entre deux entiers q et $q+1$.

Si on suppose alors le distributeur complètement ouvert au début, le temps total de fermeture sera égal à $t_1 + q\theta + t_2$,

où t_1 est le temps de fermeture lorsque λ varie de 1 à $\frac{1}{\rho}$, temps qui, puisque pendant cette première période la vitesse de fermeture est constante, est donné par la formule

$$t_1 = \left(1 - \frac{1}{\rho}\right)\frac{1}{b_1} \qquad (16)$$

et où t_2 est le temps de fermeture lorsque λ varie de λ_q à 0, temps qui est donné par la formule

$$t_2 = \frac{\lambda_q}{b_q} \qquad (17)$$

où

$$\lambda_q = \frac{2}{\rho}\left(\frac{2p}{2p+1}\right)^q - \frac{1}{\rho},$$

$$b_q = b_1\left(\frac{2p}{2p+1}\right)^{q-1},$$

et on a alors pour le temps T de la fermeture totale

$$T = t_1 + q\theta + t_2 \qquad (18)$$

Par exemple, si on suppose $y_0 = 80$, $e_1 = 4$, $a = 800$ et que l'on prenne pour simplifier les calculs $g = 20$, on aura $\rho = 2$. Si, de plus, on prend $10\xi_m = 20$ on aura d'abord pour $\lambda \geq \frac{1}{2}$ par la formule (8)

$$b_1\theta = \frac{2\xi_m}{\rho}\frac{1}{2y_0 + \xi_m} = \frac{1}{q},$$

donc

$$t_1 = \frac{1}{2b_1} = \frac{q\theta}{2}.$$

On aura ensuite par la formule (15)

$$n = \frac{\log 2}{\log\left(1 + \frac{20}{160}\right)} = \frac{\log 2}{\log 1{,}125} = 5{,}885.$$

On prendra donc

$$q = 5.$$

On aura ensuite

$$\lambda_q = \left(\frac{8}{9}\right)^5 - \frac{1}{2} = 0{,}05495,$$

$$b_q = b_1\left(\frac{8}{9}\right)^4 \quad \text{ou} \quad b_q\theta = \frac{1}{9}, \quad \left(\frac{8}{9}\right)^4 = 0{,}06937$$

d'où

$$t_2 = \frac{\lambda_q}{b_q} = 0{,}79220,$$

soit $t_2 = 0{,}8\,\theta$.

On a donc pour la durée totale de fermeture

$$T = (4{,}5 + 5 + 0{,}8)\,\theta = 10{,}3\,\theta.$$

Si, au lieu de cela, on avait voulu admettre une loi de fermeture linéaire telle que le coup de bélier maximum ne dépasse par 20, quelle que soit la charge sous laquelle fonctionne la turbine, il aurait fallu, en vertu de la formule (5'), prendre

$$b\theta = \frac{\xi_m}{2\rho y_0} = \frac{1}{16}$$

et la durée totale de fermeture aurait été de 16θ.

Digitized by Google

Si par exemple $l = a = 800$,
on aura

$$\theta = 2{,}8;$$

donc avec la disposition indiquée la durée de fermeture totale serait de 206 s tandis que dans le second cas elle serait de 32 s.

Par la disposition indiquée on réduira donc la durée de fermeture de plus de 11 s, sans s'exposer pour cela à un coup de bélier plus considérable.

Supposons maintenant

$$\rho < 1.$$

On aura d'abord pour $\lambda_0 = 1$ par la formule (7')

$$b_1\theta = \frac{\xi_m}{\rho}\,\frac{1+\rho}{2y_0+\xi_m},$$

ou en posant toujours

$$\frac{\xi_m}{y_0} = \frac{1}{p}, \tag{9}$$

$$b_1\theta = \frac{1}{\rho}\,\frac{1+\rho}{2p+1}, \tag{19}$$

et si nous posons toujours

$$K = \frac{1}{2p+1}, \tag{12}$$

nous aurons comme dans le cas précédent les formules (10) et (11)

$$b\theta = \frac{1}{\rho}\,\frac{1+\rho\lambda_0}{2p+1}, \tag{10}$$

$$\theta\,db = K\,d\lambda_0. \tag{11}$$

Nous considérerons alors la valeur λ_1 de λ_0 égale à $1 - b_1\theta$ et la valeur correspondante b_2 à prendre pour b sera, en outre de (11)

$$b_2 = b_1 + \Delta b_1 = b_1(1-K).$$

En raisonnant alors comme dans le cas précédent, on aura

$$b_2 = b_1(1-K),\ b_3 = b_1(1-K)^2,\ \ldots,\ b_n = b_1(1-K)^{n-1};$$

et pour les valeurs correspondantes de λ

$$\begin{aligned}
\lambda_1 &= 1 - b_1\theta,\\
\lambda_2 &= 1 - b_1\theta - b_2\theta,\\
&\cdots\cdots\cdots\\
&\cdots\cdots\cdots\\
\lambda_n &= 1 - b_1\theta - b_2\theta \ldots. - b_n\theta,
\end{aligned}$$

c'est-à-dire

$$\lambda_n = 1 - b_1\theta\,\frac{1-(1-K)^n}{K}.$$

Mais, si on tient compte des équations (19) et (12), cette équation deviendra

$$\lambda_n = 1 - \frac{1+\rho}{\rho}\left[1 - \left(\frac{2p}{2p+1}\right)^n\right],$$

ou

$$\lambda_n = \frac{1+\rho}{\rho}\left(\frac{2p}{2p+1}\right)^n - \frac{1}{\rho}. \tag{20}$$

Si la fermeture est totale et que l'on ait par suite $\lambda_n = 0$, on en déduira

$$\left(\frac{2p}{2p+1}\right)^n = \frac{1}{1+\rho},$$

ou

$$\left(1+\frac{1}{2p}\right)^n = 1+\rho;$$

d'où on conclut puisque $\frac{1}{p} = \frac{\xi_m}{y_0}$:

$$n = \frac{\log(1+\rho)}{\log\left(1+\frac{\xi_m}{2y_0}\right)}.$$

Cette valeur de n sera, en général, comprise entre deux entiers consécutifs q et $q+1$, et si alors le distributeur est complètement ouvert au début, le temps de la fermeture totale $T = q\theta + t_2$ où

$$t_2 = \frac{\lambda_q}{b_q}$$

avec

$$\lambda_q = \frac{1+\rho}{\rho}\left(\frac{2p}{2p+1}\right)^q - \frac{1}{\rho}, \tag{22}$$

$$b_q = b_1\left(\frac{2p}{2p+1}\right)^{q-1}. \tag{23}$$

Par exemple on avait, comme nous l'avons supposé, dans le cas examiné au début

$$c_1 = 4,\ y_0 = 300,\ a = 1\,250,\ g = 10,\ \xi_m = 50$$

d'où on conclut $\rho = \frac{5}{6}$, $p = 6$.

On aurait d'abord, comme nous l'avons vu,

$$b_1\theta = \frac{11}{65},$$

puis

$$n = \frac{\log\left(1+\frac{5}{6}\right)}{\log\left(1+\frac{1}{12}\right)} = \frac{\log(1{,}8333)}{\log(1{,}0833)} = 7{,}575.$$

On prendra donc $q = 7$.

Digitized by Google

On aura alors

$$\lambda_q = \frac{11}{5}\left(\frac{12}{13}\right)^7 - \frac{6}{5} = 0{,}0565,$$

$$b_q = b_1\left(\frac{12}{13}\right)^6 = \frac{11}{65}\left(\frac{12}{13}\right)^6 \frac{1}{\theta} = 0{,}10471\,\frac{1}{\theta},$$

et par suite $t_2 = \frac{\lambda_q}{b_q} = 0{,}53960$.

On aura donc pour le temps de la fermeture totale T, sensiblement.

$$T = 7\theta + t_2 = 7{,}5\,\theta.$$

Si, au lieu de cela, on avait admis une loi de fermeture linéaire telle que le coup de bélier maximum ne dépasse en aucun cas 50 m, il aurait fallu prendre, ainsi que nous l'avons vu,

$$T = 10\,\theta.$$

On voit donc que la disposition indiquée permet de réduire d'un quart la durée de fermeture sans augmenter la valeur du coup de bélier maximum.

D'après ce qui précède, si la valeur initiale de λ a l'une des valeurs λ_1, λ_2 indiquées plus haut, le coup de bélier maximum sera égal à ξ_m. Il en sera d'ailleurs de même si λ_0 est une valeur intermédiaire.

Supposons, par exemple, que nous ayons

$$\lambda_0 = \lambda_{n-1} - b_n\tau \text{ où } 0 < \tau < \theta;$$

on aura à la fin de la période

$$\lambda_1 = \lambda_n - b_{n+1}\tau,$$

par suite, à la fin de cette période, pour le coup de bélier

$$\xi = 2\rho y_0 \frac{\lambda_0 - \lambda_1}{1 + \rho\lambda_1};$$

mais en remarquant que

$$\lambda_{n-1} - \lambda_n = b_n\theta,\ b_n - b_{n+1} = Kb_n,$$

on a

$$\xi = 2\rho y_0 \frac{b_n\theta\left(1 - K\frac{\tau}{\theta}\right)}{1 + \rho(\lambda_n - \tau b_{n+1})}. \qquad (24)$$

Mais si nous nous supposons dans le cas de $\rho < 1$ nous avons en vertu des formules (22), (23) et (19)

$$1 + \rho\lambda_n = (1+\rho)\left(\frac{2p}{2p+1}\right)^n,\ \rho b_n\theta = \left(\frac{1+\rho}{2p+1}\right)\left(\frac{2p}{2p+1}\right)^{n-1}$$

$$\rho\theta b_{n+1} = \rho b_1\theta\left(\frac{2p}{2p+1}\right)^n = \left(\frac{1+\rho}{2p+1}\right)\left(\frac{2p}{2p+1}\right)^n$$

$$= K(1+\rho)\left(\frac{2p}{2p+1}\right)^n,$$

de sorte qu'il vient

$$\xi = 2y_0 \frac{1 - K\frac{\tau}{\theta}}{2p\left(1 - \frac{K\tau}{\theta}\right)} = \frac{y_0}{p} = \xi_m.$$

On arriverait au même résultat dans le cas de $\rho > 1$.

En effet, tant que $\lambda_0 > \frac{1}{p}$, le coup de bélier est indépendant de λ_0 et égal à ξ_m et pour $\lambda_0 < \frac{1}{\rho}$ la formule (24) subsisterait sans changements, on aurait seulement, en vertu des formules (13), (14), (14')

$$\rho b_n\theta = \frac{2}{2p+1}\left(\frac{2p}{2p+1}\right)^{n-1},$$

$$1 + \rho\lambda_n = 2\left(\frac{2p}{2p+1}\right)^n,$$

$$\rho\theta b_{n+1} = \frac{2}{2p+1}\left(\frac{2p}{2p+1}\right)^n = 2K\left(\frac{2p}{2p+1}\right)^n;$$

de sorte que l'on a encore

$$\xi = \frac{y_0}{p} = \xi_m.$$

II. — Nous allons maintenant examiner un autre côté de la question en cherchant, pour une valeur donnée de λ_0, quelle serait la loi de fermeture qui, pour une valeur donnée du coup de bélier maximum, donnerait la durée de fermeture totale minimum.

On doit remarquer d'abord que, si on considère la première période de durée θ, quelle que soit la façon dont s'est effectuée la fermeture pendant cette période, le coup de bélier en fin de période sera toujours donné par la formule :

$$\xi_1 = 2\rho y_0 \frac{\lambda_0 - \lambda_1}{1 + \rho\lambda_1}. \qquad (25)$$

De plus, et toujours quelle que soit la loi de fermeture, le coup de bélier à la fin d'une période quelconque se calculera de proche en proche par la formule :

$$\xi_n = 2\rho y_0 \frac{\lambda_{n-1} - \lambda_n}{1 + \rho\lambda_n} - \frac{1 - \rho\lambda_{n-1}}{1 + \rho\lambda_n}\xi_{n-1} \qquad (26)$$

Enfin, on peut, au point de vue pratique, considérer pendant une période la variation du coup de bélier comme fonction linéaire du temps, si la loi de fermeture n'éprouve pas de variation brusque pendant cette période [1].

Ceci dit, si on admet pour le coup de bélier maximum une valeur donnée ξ_m qui soit une fraction donnée de la pression statique, de sorte que :

$$\xi_m = \frac{y_0}{p},$$

[1] Ce n'est là qu'une approximation, mais qui est très acceptable.

Digitized by Google

la loi de fermeture qui donnera la valeur minimum du temps de fermeture totale T, pour cette valeur du coup de bélier maximum, sera celle qui fera prendre à la fin de la première période ou coup de bélier la valeur ξ_m, et qui maintiendra ensuite la même valeur au coup de bélier à la fin de toutes les périodes suivantes, jusqu'à la fermeture complète (1).

On devra donc avoir :

$$\xi_m = 2\rho y_0 \frac{\lambda_0 - \lambda_1}{1 + \rho\lambda_1} \qquad (27)$$

et pour toutes valeurs de n :

$$\xi_m = 2\rho y_0 \frac{\lambda_{n-1} - \lambda_n}{1 + \rho\lambda_n} - \frac{1 - \rho\lambda_{n-1}}{1 + \rho\lambda_n}\xi_m$$

ou en remplaçant ξ_m par sa valeur (27) et divisant par $2\rho y_0$:

$$\frac{\lambda_0 - \lambda_1}{1 + \rho\lambda_1}\frac{2 - \rho(\lambda_{n-1} - \lambda_n)}{1 + \rho\lambda_n} = \frac{\lambda_{n-1} - \lambda_n}{1 + \rho\lambda_n}$$

d'où l'on déduit :

$$\lambda_{n-1} - \lambda_n = 2\frac{\lambda_0 - \lambda_1}{1 + \rho\lambda_0}.$$

On voit donc que l'on satisfera à la condition énoncée en admettant, pendant la première période, une loi de fermeture telle que l'on ait à la fin de cette première période (2) :

$$\lambda_1 = \lambda_0 - b_1\theta,$$

b_1 étant déterminé par la condition que, en vertu de (27) :

$$\xi_m = 2\rho y_0 \frac{b_1\theta}{1 + \rho(\lambda_0 - b_1\theta)}$$

d'où on déduit en tenant compte de (9) :

$$b_1\theta = \frac{1}{\rho}\frac{1 + \rho\lambda_0}{2p + 1}. \qquad (10)$$

Puis, pendant toutes les périodes suivantes, une loi de fermeture telle que l'on ait :

$$\lambda_n = \lambda_{n-1} - b_2\theta$$

avec :

$$b_2 = 2\frac{b_1}{1 + \rho\lambda_0} = \frac{2}{(2p+1)\rho\theta}. \qquad (28)$$

Si on adopte cette loi de fermeture, on aura pour le temps de fermeture total T, que nous supposons supérieur à θ,

$$T = \theta + \frac{\lambda_0 - b_1\theta}{b_2}$$

ou en tenant compte de (10) et de (28) :

$$T = \frac{1 + 2p\rho\lambda_0}{2}\theta. \qquad (29)$$

Si, au lieu d'admettre la loi de fermeture précédente, on admettait une loi linéaire de fermeture telle que le coup de bélier maximum fût égal à ξ_m, on aurait pour le temps de la fermeture totale :

1° Si $\rho\lambda_0 < 1$ en vertu de (7) :

$$T_1 = \frac{\lambda_0}{b} = \frac{\rho\lambda_0(2y_0 + \xi_m)}{\xi_m(1 + \rho\lambda_0)}\theta$$

ou en vertu de (9) :

$$T_1 = \frac{\rho\lambda_0(2p + 1)}{1 + \rho\lambda_0}\theta \qquad (30)$$

2° Si $\rho\lambda_0 > 1$ en vertu de (8) :

$$T'_1 = \frac{\rho\lambda_0(2p + 1)}{2}\theta \qquad (31)$$

On déduit de là pour le cas de $\rho\lambda_0 < 1$:

$$R = \frac{T}{T_1} = \frac{(1 + 2p\rho\lambda_0)(1 + \rho\lambda_0)}{2(2p + 1)\rho\lambda_0};$$

mais en posant :

$$x = \rho\lambda_0,$$

où s'écrira :

$$R = \frac{T}{T_1} = \frac{1}{2(2p + 1)}\left[\frac{1}{x} + 2p + 1 + 2px\right] \qquad (32)$$

on en déduit :

$$\frac{d}{dx}\left(\frac{T}{T_1}\right) = \frac{-1}{2(2p + 1)}\left(\frac{1}{x^2} - 2p\right).$$

On conclut de là que $\frac{T}{T'}$ est minimum pour

$$x = \frac{1}{\sqrt{2p}}$$

et on a pour la valeur correspondante R_m de $\frac{T}{T'}$,

$$R_m = \frac{1}{2(2p + 1)}(2\sqrt{2p} + 2p + 1) = \frac{(1 + \sqrt{2p})^2}{2(2p + 1)}$$

Or, pratiquement, on peut admettre que l'on aura le plus souvent :

$$2 < p < 12{,}5,$$

et a par suite :

$$\frac{9}{10} > R_m > \frac{9}{13}.$$

(1) En effet, la loi de fermeture étant réglée de cette façon, si on augmentait à un moment la vitesse de fermeture le coup de bélier augmenterait et dépasserait par suite ξ_m.

(2) La loi de fermeture pendant la durée de chacune des périodes peut être quelconque, pourvu qu'elle n'éprouve pas de variation brusque, en particulier on peut supposer :

$$\lambda_1(\tau) = \lambda_0 - b_1\tau_1, \quad \lambda_n(\tau) = \lambda_{n-1} - b_2\tau.$$

Digitized by Google

Si nous passons maintenant au cas $\rho\lambda_0 > 1$,

$$R' = \frac{T}{T_1} = \frac{1 + 2p\rho\lambda_0}{(2p+1)\rho\lambda_0} = \frac{1}{2p+1}\left[\frac{1}{\rho\lambda_0} + 2p\right].$$

Comme nous supposons $\rho\lambda_0 > 1$, on aura par suite :

$$1 > R' > \frac{2p}{2p+1}.$$

Or, dans la pratique, on doit supposer $p \geqq 2$, on aura donc :

$$1 > R' > \frac{4}{5}.$$

D'ailleurs, le plus souvent, on aura $p \geqq 4$, et s'il en est ainsi on aura :

$$1 > R' > \frac{8}{9}.$$

Ceci montre que pour les basses chutes et plus généralement toutes les fois où l'on a :

$$\rho\lambda_0 = \frac{av_0}{2gy_0} > 1,$$

on ne gagnerait pas grand'chose à adopter la disposition indiquée puisque, étant donné qu'on aura généralement $\rho \geqq 4$ (1), elle ne saurait abréger le temps de fermeture totale de plus de $\frac{1}{9}$.

Si on a au lieu de cela

$$\rho\lambda_0 = \frac{av_0}{2gy_0} < 1,$$

l'avantage de la disposition indiquée serait un peu plus sensible, pour le cas d'une fermeture complète, la turbine travaillant à pleine charge, puisque, si ρ avait une valeur voisine de 12, la durée de fermeture pourrait être abrégée de $\frac{4}{13}$, soit de près de $\frac{1}{3}$.

Il semble, toutefois, que ce ne soit là qu'un cas un peu exceptionnel, d'autant plus que la réalisation de la condition indiquée ne serait pas probablement sans introduire une complication sérieuse dans la construction des régulateurs.

Au lieu de cela, les conditions indiquées dans la première partie de cette étude semblent pouvoir être utilement appliquées toutes les fois que la turbine est appelée à travailler sous des charges largement variables, d'autant plus que leur réalisation n'entraînerait pas de complications bien grandes dans la construction du régulateur.

Remarque. — On sait que si $\rho\lambda_0 \leqq 1$, le coup de bélier maximum se produit, dans le cas d'une fermeture linéaire, à la fin de la première période. Nous avons admis qu'il en est de même pour la loi de fermeture donnée dans la première partie de ce mémoire, bien qu'elle ne soit pas linéaire.

(1) C'est-à-dire si on veut que le coup de bélier ne dépasse pas le quart de la pression statique.

Il est facile de vérifier qu'il en est bien ainsi.

Supposons en effet que le mouvement de la vanne commence pour la valeur λ_q de λ, on aura pour le coup de bélier ξ_q à la fin de cette première période, d'après les hypothèses faites,

$$\xi_q = \frac{y_0}{p}.$$

Nous aurons ensuite pour la formule (2), où nous supposons $n \geqq q+1$, à la fin de l'une quelconque des périodes suivantes et jusqu'à l'arrêt de la vanne,

$$\xi_n = 2\rho y_0 \frac{\lambda_{n-1} - \lambda_n}{1 + \rho\lambda_n} - \frac{1 - \rho\lambda_{n-1}}{1 + \rho\lambda_n}\xi_{n-1}.$$

Mais on déduit des formules (19) et (20) pour toute valeur de n supérieure à $q+1$

$$2\rho y_0 \frac{\lambda_{n-1} - \lambda_n}{1 + \rho\lambda_n} = 2\rho y_0 \frac{b_n\theta}{1 + \rho\lambda_n} = \frac{y_0}{p}.$$

Nous aurons donc

$$\xi_n = \frac{y_0}{p} - \frac{1 - \rho\lambda_{n-1}}{1 + \rho\lambda_n}\xi_{n-1}$$

et de même

$$\xi_{n+1} = \frac{y_0}{p} - \frac{1 - \rho\lambda_n}{1 + \rho\lambda_{n+1}}\xi_n.$$

On en déduit

$$\xi_{n+1} = \frac{y_0}{p}\left(1 - \frac{1 - \rho\lambda_n}{1 + \rho\lambda_{n+1}}\right) + \frac{(1 - \rho\lambda_n)(1 - \rho\lambda_{n-1})}{(1 + \rho\lambda_{n+1})(1 + \rho\lambda_n)}\xi_{n+1};$$

mais si nous posons

$$\xi_{n-1} = \varepsilon\frac{y_0}{p},$$

il viendra

$$(33) \quad \xi_{n+1} = \frac{y_0}{p}\left(1 - \frac{1 - \rho\lambda_n}{1 + \rho\lambda_{n+1}}\,\frac{(1-\varepsilon) + \rho(\lambda_n + \varepsilon\lambda_{n-1})}{1 + \rho\lambda_n}\right).$$

Or pour $n - 1 = q$ on a $\varepsilon = 1$ et on conclut de la formule précédente

$$\xi_{q+2} < \frac{y_0}{p} = \xi_q.$$

Si on fait maintenant $n = q + 3$, on aura donc $\varepsilon < 1$ et la formule (33) donnera encore

$$\xi_{q+4} < \frac{y_0}{p}$$

et il en sera de même pour toutes les valeurs suivantes $q+6$, $q+8$... de n

Le coup de bélier maximum, pour $\rho\lambda'_0 < 1$, se produit donc bien à la fin de la première période, avec la loi de fermeture donnée dans la première partie du mémoire, bien que cette loi ne soit pas linéaire.

COMTE DE SPARRE,
Doyen de la Faculté catholique des Sciences de Lyon, correspondant de l'Institut.

Digitized by Google

Revues, analyses et informations

Four électrique pour les essais de matériaux réfractaires (1).

En exposant les travaux du Laboratoire national de Physique dans une causerie à la « Faraday Society », M. Eger Griffiths a donné la description d'un four électrique servant aux essais des matières réfractaires.

Pour rechercher le point de ramollissement et la résistance à la compression de matériaux réfractaires, les tubes de carbone doivent avoir une température dépassant 1800°.

Le four, qui est représenté schématiquement sur la figure, contient dans un compartiment cylindrique en tôle, de 12 pouces de diamètre, fermé de chaque côté par 2 diaphragmes B B en asbeste, le tube de carbone C qui a un

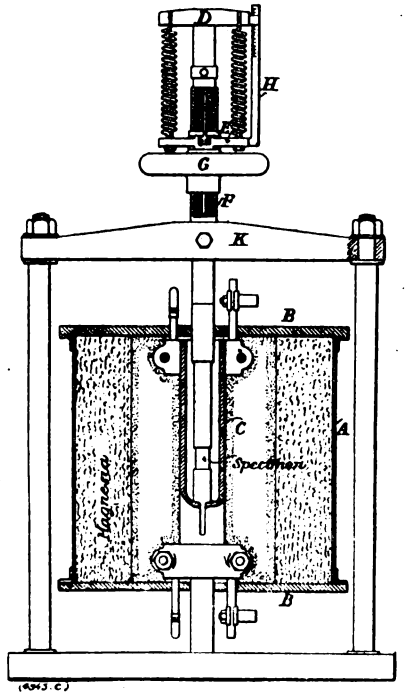


Fig. 1. — Four électrique pour l'essai des matériaux réfractaires.

diamètre extérieur de 2 pouces, un diamètre intérieur de 1/2 pouce et une longueur de 11 pouces. Pour observer la température, on a pratiqué, sur presque toute sa longueur, une rainure de 1/4 de pouce de large (on a préféré une rainure à des trous eu égard à la continuité de la résistance électrique du tube). Il est entouré de zircon et de baddelyte (75 pour 100 de ZrO^2, 13 pour 100 de SiO^2). Le zircon commence à se fritter à 1100° et au contact du carbone donnerait un carbure formant un cylindre solide autour du tube de C. Pour éviter cette formation, on introduit une couche de magnésie réduite par voie électrique entre le carbone et le zircon. Au-dessus du zircon il y a une couche de magnésie asbesteuse. La pression est appliquée au moyen d'un piston plongeur; 2 ressorts égaux sont attachés aux bouts du bras transversal D et le collier E; ce dernier peut se visser sur le tube F fixe, au moyen de la roue de commande, la rotation des ressorts étant empêchée par une rainure tout le long de la vis. La pression, qui peut atteindre 150 livres par pouce carré, est mesurée sur l'échelle H.

L'éprouvette (spécimen) a la forme d'une tige cylindrique de 5/8 pouce de diamètre et de 1 pouce de long.

Lorsqu'on a une brique à essayer, un morceau en est découpé et moulé à la forme désirée. Il est alors placé entre deux tiges de carbone très dur. Quand il y a lieu, des pièces en tungstène sont interposées pour éviter le contact entre le carbone et l'éprouvette. Les parties métalliques sont faites en alliage d'aluminium contenant 20 pour 100 de zinc et 6 pour 100 de cuivre. La construction des électrodes, qui doivent supporter des courants intenses, a fait l'objet d'une attention spéciale.

Au cours des expériences, de l'azote était injecté à travers le tube de carbone pour en empêcher l'oxydation (on a préféré le milieu réducteur de l'azote à celui de l'hydrogène à cause de la diffusion de ce dernier à travers les parois chaudes). Les dépôts de carbone volatile ne sont à craindre qu'au-dessus de 1700° C. Il a été constaté, en effet, que le fer fondu contenu dans un creuset de MgO^2 et maintenu à cet état dans un four à parois graphitiques n'absorbe pas le C à 1600° et légèrement au-dessus, mais que lorsque la température atteint 2000° l'absorption est inévitable. Des particules de la substance, probablement des agrégats moléculaires, étaient projetées par le carbone à des températures élevées, des courants d'ionisation intense passent alors dans l'atmosphère ionisée de la partie chaude à la partie froide (recherches du Dr Hasker et Kayer). Cependant, lorsqu'un tube de réfrigération est placé dans l'axe du tube de carbone porté à une température élevée, des courants négatifs atteignant jusqu'à 0,8 A furent observés par M. Griffiths, et le tube froid fut recouvert d'un épais dépôt de C suffisamment cohérent.

Cette raison limite l'emploi des fours à tube de carbone à une température maximum de 1700°, quoiqu'ils puissent transmettre et supporter 3000° durant de courtes périodes. La plupart des matières réfractaires mollissent sous pression à des températures au-dessous de 1700°. Le courant est obtenu à l'aide d'un convertisseur rotatif et d'un transformateur. Les températures sont mesurées à l'aide d'un pyromètre optique polarisant. Les observations sont faites sur l'éprouvette en oblique pour éviter de petites erreurs possibles provenant des radiations directes de la surface de l'éprouvette placée vis-à-vis du regard. On comparait deux champs lumineux : l'un était celui de l'objet, l'autre celui de la lampe. Les observations pouvaient être répétées sans difficultés jusqu'à 1500° à 10° près ; l'instrument était étalonné par comparaison avec un couple thermoélectrique aux conditions réalisées par les corps noirs, le couple lui-même étant gradué à l'aide des points de fusion de l'or (1063°), du cuivre (1083°), du nickel (1452°), du palladium (1549°).

L'essai dure à peu près 2 h. 1/2; l'échantillon est mis en position dans le four froid sous une pression de 30 livres par pouce carré; on élève la température graduellement. Des pressions plus élevées peuvent être appliquées, s'il le faut. Dans chaque essai, les échantillons donnèrent des résultats concordants.

(1) Eger Griffiths et Egar A. Griffiths, *Faraday Society*, 18 décembre 1916, 2700 mots, 4 fig.

Digitized by Google

M. Griffiths s'attendait à l'objection concernant la petitesse des échantillons d'essai qu'il emploie ; à ces remarques il répond qu'il lui serait possible de doubler les dimensions des éprouvettes. On pourrait également imaginer d'essayer les briques à l'état où elles se trouvent dans les fours. Le polissage exigé lors de l'échantillonnage pourrait fausser les résultats. De volumineux échantillons ont été essayés, tels qu'ils se présentent dans la pratique, par MM. Bleininger et Meller, mais alors il y a des difficultés concernant la réalisation de l'uniformité de température.

Cet exposé fut terminé par un aperçu de la nouvelle application des hausses de prix des matières réfractaires imposées par l'Etat, et dont les estimations ne sont pas conformes aux qualités constatées dans les essais précités.

Pompes à vide élevé à condensation.

M. Langmuir vient d'établir un nouveau type de pompes pour vide élevé. Ces pompes sont des pompes à vapeur de mercure dans lesquelles un courant de cette vapeur entraîne le gaz à épuiser (1).

Le mécanisme de cet entraînement est exposé ci-après :

Construction de la pompe. — La pompe est construite schématiquement conformément à la figure 1. A est un ballon chauffé produisant la vapeur de mercure ; celle-ci passe par

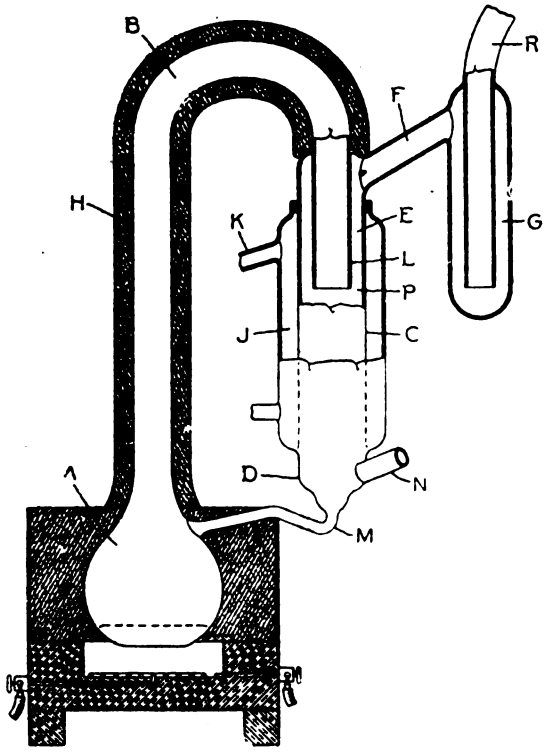


Fig. 1. — Coupe schématique de la pompe à vapeur de mercure de Langmuir.

le tube B, dans le tube C, dont la partie inférieure D, forme condenseur. Autour de l'extrémité de B, se trouve un espace annulaire relié par le tube F à un réservoir G en communication par le tube R avec la capacité à vider de gaz. L'espace J constitue un réfrigérant à courant d'eau. M est le tube de retour du mercure condensé, N est un tube en communication avec une pompe auxiliaire maintenant dans l'appareil une pression considérablement inférieure à la tension de vapeur du mercure.

L'ensemble du ballon A et du tube B est muni d'un isolement thermique soigné.

Le gaz à épuiser entre en P en contact avec la vapeur de mercure. Les atomes mélangés sont projetés contre les parois C et finalement entraînés dans l'espace D d'où ils sont extraits par la tubulure N. Aucune masse de mercure ne pénètre en E ni en F (sous réserve des explications ultérieurement exposées).

Le travail de soufflage nécessaire pour la construction de cette pompe est moins difficile que pour les types ordinaires.

Il est seulement essentiel, pour le fonctionnement de l'appareil, que la tubulure L débouche plus bas que le niveau de l'eau dans le condenseur J, ce qui règle le niveau où doit être soudé la tubulure.

Les autres dispositions de l'appareil restent arbitraires. Il faut seulement veiller à ce que la distance entre L et D soit assez grande pour qu'aucune quantité appréciable de gaz ne puisse se diffuser dans la vapeur de mercure, et pour fournir une grande surface de condensation.

Fonctionnement. — Le mercure placé en A est chauffé modérément par une rampe à gaz ou une résistance électrique, de façon à subir une vaporisation modérée. Un thermomètre, placé au contact du tube B sous le calorifuge, marque de 100 à 120° C, quand la pompe fonctionne d'une façon satisfaisante.

Dans ces conditions, l'ébullition est calme, il ne se forme ni bulles ni agitation du liquide.

Contrairement à ce qui se passe dans la pompe de diffusion de Gaede, le fonctionnement de la pompe à mercure n'est nullement affecté par les changements de température. Par exemple, pour une pompe déterminée, le fonctionnement reste aussi satisfaisant et l'opération aussi rapide quand la résistance chauffante absorbe 220 ou 550 w.

Par contre, le vide nécessaire pour le fonctionnement de la pompe dépend de la vitesse de passage de la vapeur de mercure à travers l'ajutage, et par suite du taux de la vaporisation. Ainsi, dans l'exemple cité, au régime de 220 w la pompe n'agissait qu'au-dessous de 50 baries ; au régime de 550 w elle agissait quand la pression ne dépassait pas 800 baries (1)

Données générales sur les pompes a vide. — Une pompe à vide est caractérisée spécialement par trois constantes.

1° *Pression limite* : Pression maximum dans la pompe pour que son fonctionnement soit possible. La pompe subit donc une première mise sous vide par le tube N.

2° *Vitesse d'exhaustion de la pompe*. — Gaede la définit par l'équation :

$$S = \frac{V}{t} \log_e \frac{p_2}{p_1}.$$

V, volume de la capacité à épuiser ;

t, temps nécessaire pour réduire la pression dans la capacité de...

p_2, pression initiale ;

p_1, pression finale assignée ;

Cette vitesse s'exprime en cm³ : sec.

(Pour une pompe à piston, cette vitesse est sensiblement égale au déplacement du piston en une seconde.)

(1) Irving Langmuir ; *General Electric Review*, décembre 1917, t. XIX p. 1060-1071.

(1) 1 barie = 1 dyne par cm² = sensiblement 10^{-6} atmosphère.

Digitized by Google

3° *Degré de vide réalisable.* — Limite inférieure à laquelle peut être amenée la pression dans la capacité à épuiser.

Les pompes mécaniques à piston agissent sous une pression limite égale à la pression atmosphérique.

On les utilise souvent en série avec des pompes à piston à vide grossier qui fonctionnent sous une pression limite de 0,05 mégabarie (1,5 cm de Hg).

Les derniers types de pompes moléculaires ou à diffusion de Gaede ne fonctionnent qu'au-dessous de 10 à 100 baries. On les utilise en série avec de bonnes pompes mécaniques.

A l'exception de la pompe moléculaire de Gaede qui donne une vitesse d'exhaustion maximum de 1 300 cm³:sec, les pompes mécaniques à vide élevé ne dépassent pas une vitesse de 100 à 200 cm³:sec.

THÉORIE DU FONCTIONNEMENT DE LA POMPE. — La théorie de l'auteur, qui s'accorde d'ailleurs avec les faits d'expérience, est la suivante :

Le choc entre les molécules gazeuses et une surface solide ou liquide est généralement entièrement inélastique. Chaque molécule qui frappe la surface *s'y condense* au lieu de rebondir, bien qu'elle puisse plus tard s'évaporer de nouveau. Cette condensation se produit aussi bien aux températures hautes et basses ; mais aux températures élevées, la réévaporation peut se faire si rapidement qu'il est difficile d'observer la condensation.

Les molécules condensées constituent une pellicule absorbante ; il s'exerce entre elles et la surface des forces de même nature qu'entre solides.

La pompe construite par Langmuir dérive partiellement de la pompe de diffusion construite par Gaede.

Cette dernière était établie d'après le schéma de la figure 2. Un courant de vapeur de mercure passe à travers le tube

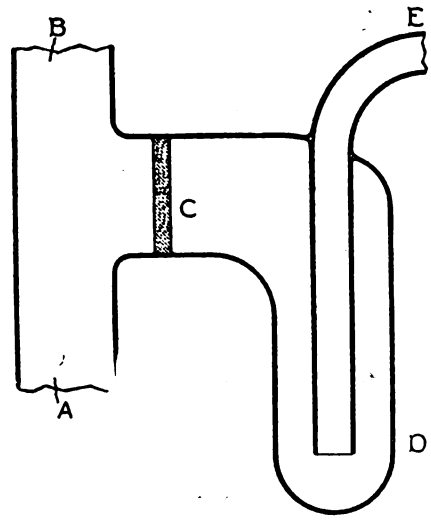


Fig. 2. — Schéma de la pompe moléculaire de Gaede.

A B, une partie s'en dérive à travers un diaphragme C en terre poreuse.

La capacité à vider est reliée à E, et l'appendice E est refroidi par un mélange d'éther et d'anhydride carbonique solide. La vapeur passant à travers le diaphragme, se condense en D et ne peut pénétrer en E. D'autre part, le gaz à épuiser passe aussi à travers le diaphragme, mais de droite à gauche, et est entraîné par le courant de vapeur. Avec une pompe de ce type, Gaede vidait un tube à rayons X en deux heures. Cette lenteur d'action était le principal défaut de la pompe.

D'après la théorie simplifiée de Gaede, la vitesse d'exhaustion s'accroit quand on augmente la surface du diaphragme et qu'on diminue son épaisseur. Par suite, avec un diaphragme d'épaisseur nulle, la vitesse d'exhaustion serait infinie. Il n'en est pas ainsi en réalité,ce que Gaede explique par un raisonnement fondé sur la théorie cinétique. D'après cette dernière, le diaphragme poreux équivaut à un grand nombre d'ouvertures de dimensions comparables au libre parcours moyen des molécules. Le calcul montre qu'un premier gaz donné passera à travers le diaphragme, et se diffusera dans un courant de second gaz si les pores du diaphragme ont des dimensions de l'ordre du libre parcours moyen des molécules de ce dernier. D'après cette idée, Gaede établit la pompe représentée par le schéma de la figure 3. Un courant de vapeur de mercure passe dans le tube A B, coupé en C d'une fente circulaire.

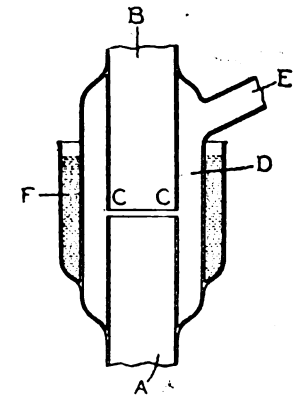


Fig. 3. — Variante de la pompe de Gaede.

F est un condenseur, E est relié à la capacité à vider. Une partie de mercure passe à travers C et se condense. Le gaz à épuiser passe en C et se condense. Le gaz à épuiser passe en C à travers la vapeur de mercure diffusée et est entrainé suivant A B. Le calcul, en accord satisfaisant avec l'expérience, montre que la vitesse maximum d'exhaustion est obtenue quand la rainure C a une largeur égale au libre parcours moyen des molécules du mercure vaporisé.

Pour une largeur de rainure de 0,012 cm, la vitesse d'exhaustion est de S = 80 cm³ : sec.

Au cours d'expériences avec cette pompe de Gaede, Langmuir fut conduit à penser qu'il serait avantageux de modifier la marche du gaz qui traverse la vapeur de mercure.

Le fonctionnement de la pompe de Gaede, en effet, comporte deux phénomènes :

1° Le gaz pénètre dans le courant de vapeur.

2° La vapeur de mercure entraîne dans la chambre de condensation une certaine quantité du gaz qui ne peut plus retourner à la capacité à épuiser.

Ce dernier phénomène est comparable à ce qui se passe dans les éjecteurs à vapeur ;

Dans ces derniers, le phénomène L (Fig. 1) ne comporte pas de diffusion, mais une simple diminution de pression causée par la grande vitesse du jet (effet Bernouilli).

Le gaz est aspiré par le jet parce que, dans ce dernier, la pression est moindre que dans la zone de gaz environnant.

Quelle que soit la pression dans le jet, il est évident que l'effet Bernouilli ne saurait être appliqué à l'obtention d'un vide élevé.

Conformément à la théorie cinétique, les molécules du jet se diffusent latéralement dans l'espace déjà partielle-

Digitized by Google

ment vide, de sorte que le gaz environnant n'a aucune tendance à entrer par simple action de pression dans le jet.

Langmuir a expérimenté un éjecteur à vapeur de mercure (fig. 4). Cet appareil ne fonctionne nullement comme un éjecteur à vapeur. Le principal facteur semble, en effet, être la condensation de mercure en K; le rapport entre les sections B et K, essentiel dans l'éjecteur, est ici entièrement arbitraire.

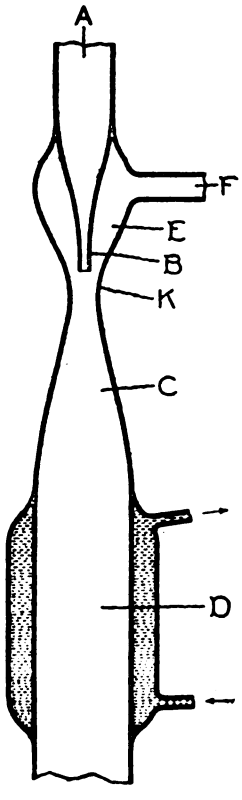


Fig. 4. — Ejecteur à vapeur de mercure.

C'est d'après ce type de pompe que fut établi finalement celui de la figure 1.

A ce sujet, on a constaté un fait intéressant : la plus grande partie du mercure qui s'échappe en L (fig. 1) se condense sur la paroi de C, environ 2 cm en dessous de L. Ce fait montre bien que les atomes de mercure rayonnent dans toutes les directions et n'ont aucune tendance à continuer leur mouvement dans le sens de l'ajutage, ce qui se produirait dans un éjecteur.

Pompes a condensation en métal. — Les pompes à condensation se construisent parfaitement en métal. La figure 5 représente une pompe de ce type d'une façon assez claire pour rendre inutiles d'autres explications.

Le type actuel le plus perfectionné est représenté par la figure 6. Il a été établi en différentes grandeurs.

Le type normal, où le diamètre de F est de 3 cm et celui du bouilleur A de 7 cm, donne pour l'air une vitesse d'exhaustion de 3000 cm³ : sec; la pompe opère sous une pression maximum de 200 à 600 baries, suivant la température du

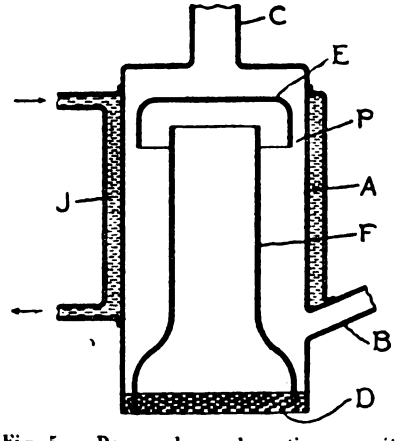


Fig. 5. — Pompe de condensation en métal.

mercure. La consommation d'énergie varie de 100 à 500 w.

On a construit également de petites pompes où F a un diamètre de 0,6 cm et A 2 cm, avec une vitesse d'exhaustion de 200 cm³ : sec.

Degré de vide réalisable. — La pompe de condensation est comparable à une pompe à diffusion de Gaede dans laquelle il n'est pas assigné de limite inférieure (autre que zéro) à la pression finale.

En effet, la limite inférieure peut être déterminée seulement par la diffusion du gaz depuis le côté vide N à travers la vapeur venant de L (fig. 3). Le libre parcours moyen des molécules dans la vapeur est au plus de l'ordre du millimètre, et la vapeur descend de L avec une vitesse au moins égale à la vitesse moléculaire moyenne (100 m : sec pour le mercure). La probabilité pour une molécule de gaz de par-

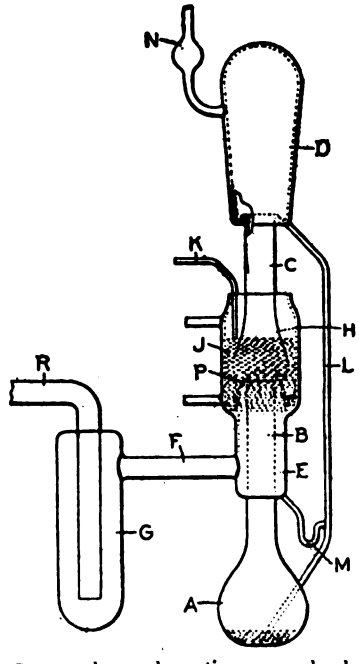


Fig. 6. — Pompe de condensation normale de Langmuir.

courir sans collision une distance égale à 4,6 fois le libre parcours moyen, soit 4,6 cm, est d'un centième soit 10^{-2}, la probabilité pour une distance double est de 10^{-4}.

Pour 4, 6 cm, la probabilité devient de 10^{-20}, c'est-à-dire entièrement négligeable.

Ces considérations conduisent simplement à donner à la distance entre L et D (fig. 3) une valeur suffisante.

L'expérience montre alors que la quantité de gaz diffusé en retour est entièrement négligeable.

En maintenant un bon vide dans la pompe, on peut vider une capacité jusqu'à la pression de 0,001 barie (la plus basse qui puisse être mesurée à la jauge de Mc Leod).

Une certaine quantité de vapeur de mercure pourrait remonter dans la capacité à vider. On l'arrête dans le réfrigérant G. Suivant la température obtenue dans ce dernier, la pression de la vapeur de mercure diffusé est donnée par le tableau suivant :

Température dans le réfrigérant.	Vapeur de mercure.
— 180° C.	$3,3 \times 10^{-24}$ barie
— 78° C.	$4,3 \times 10^{-6}$
— 40° C.	0,0023
— 30° C.	0,029
— 10° C.	0,087
0.	0,25
+ 10° C.	0,65
+ 20° C.	1,6
+ 30° C.	3,7

Digitized by Google

En refroidissant au moyen de l'anhydride carbonique solide ou de l'air liquide, la pression de la vapeur de mercure devient nulle.

Enfin, au moyen d'une nouvelle jauge due à M. A.-W. Hull, on a mesuré des pressions descendant jusqu'à 10^{-5} barie.

On a lieu de penser qu'on a réalisé des pressions encore bien inférieures qu'aucun système de jauge actuellement connu ne permet de mesurer.

Quoi qu'il en soit, les chiffres reproduits ci-dessus suffisent à montrer l'intérêt que présente la nouvelle pompe de M. Langmuir.

J. G.

Mobilités des ions gazeux dans les champs électriques intenses (1).

Les premières recherches sur la diffusion des ions gazeux ont établi que les coefficients de diffusion des ions dans un gaz sont environ le dixième des coefficients de diffusion de molécules analogues, mais neutres, dans le même gaz. Cette faible diffusion se manifeste également par l'ordre de grandeur relativement faible des mobilités des ions gazeux. Pour expliquer ce fait, on a supposé successivement : 1° qu'un ion n'est pas constitué par une molécule unique chargée, mais par un ensemble de molécules groupées autour d'un électron ou d'un ion-atome positif (d'après les plus récents développements mathématiques de Langevin, le groupement comprendrait environ 10 molécules) ; 2° qu'un ion est formé d'une molécule unique électrisée, la faible valeur des coefficients de mobilité étant attribuée, dans cette hypothèse, à l'existence des forces attractives entre les ions et les molécules neutres, en sorte qu'un ion, se déplaçant suivant l'unité de longueur à travers un gaz, aurait plus de collisions avec les molécules gazeuses qu'une molécule neutre. Ce retard, dû à l'électrisation, dans le mouvement de l'ion de faibles dimensions qu'on envisage dans cette dernière théorie serait équivalent à celui déterminé par l'accroissement dans les dimensions de l'ion admis dans l'hypothèse d'une agglomération de molécules. — Dans ce dernier cas, on peut prévoir que, lorsque le groupement acquerra une énergie cinétique intense, il pourra se désagréger sous l'action d'un choc. Une telle désintégration se manifestera par un accroissement anormal de la mobilité. La valeur de l'énergie cinétique pour laquelle se brisera le groupement dépendra de l'énergie potentielle de l'ion. La désintégration et l'accroissement anormal de la mobilité de l'ion qui en résulte se produiront sensiblement, avec les deux sortes d'ions, pour une même valeur du produit du champ par le libre parcours moyen. Dans l'hypothèse d'ions de faibles dimensions, la mobilité devra demeurer sensiblement constante, sauf de légères variations, jusqu'à ce que le champ atteigne une valeur voisine de celle pour laquelle se produit l'ionisation par choc. Dans des champs d'une telle intensité, il se pourrait que l'ion négatif acquière une énergie suffisante pour expulser son électron. L'ion positif ne subirait aucun changement et conserverait une mobilité approximativement constante. — La différence dans les propriétés des ions positifs prévue par les deux théories peut permettre de décider entre elles. Si l'on prouve que les ions positifs acquièrent des mobilités anormales dans des conditions où l'on réalise une valeur élevée du produit du champ par le libre parcours moyen, l'hypothèse d'une agglomération de molécules devra être considérée comme établie. Des essais dans ce sens ont été faits par de nombreux observateurs. En général, ces expériences ont été réalisées avec des champs électriques intenses et de fortes pressions gazeuses. — La méthode de mesure utilisée est la modification proposée par Franck de la méthode basée sur l'emploi du courant alternatif, de Rutherford. Comme la vitesse des ions varie proportionnellement à l'intensité du champ, cette vitesse sera grande. Pour pouvoir capter les ions entre la toile métallique et le plateau quand la distance de ces deux plans est suffisamment petite pour que le champ soit uniforme, la période pendant laquelle le champ accélérateur agit sur les ions doit être très courte. Autrement dit, la fréquence des alternances doit être très grande. Le problème consiste alors à obtenir une différence de potentiel alternative, de valeur élevée et dont la fréquence soit assez grande pour permettre l'emploi de faibles distances entre plateaux. L'auteur a utilisé pour cela le circuit de résonance d'un arc entre cuivre et aluminium, dans une atmosphère d'hydrogène, dans les conditions précisées par Chaffee. — Pour faire une détermination, on maintient constantes la différence de potentiel et la fréquence du courant alternatif et on fait varier la distance des deux plans. On note les déviations de l'électromètre relié au plateau pour diverses distances de la toile métallique au plateau. La déviation est produite par les ions qui se sont accumulés sur le plateau collecteur pendant l'intervalle de temps que la différence de potentiel alternative agit sur les ions, (15 ou 25 sec généralement). Si tous les ions possédaient la même mobilité, on devrait s'attendre, en portant en abscisses les distances des plateaux et en ordonnées les déviations, à obtenir une droite parallèle à l'axe des abscisses jusqu'à ce que soit atteinte la distance critique que les ions peuvent traverser pendant une demi-alternance du champ ; à ce moment la courbe devrait tomber brusquement à zéro suivant une parallèle à l'axe des ordonnées. En realité, la courbe obtenue a des angles arrondis. On adopte l'abscisse du point d'intersection de la courbe avec l'axe des abscisses comme valeur de la distance critique traversée par les ions qui ont été soumis au champ électrique le plus intense et qui proviennent du point le plus rapproché de la toile métallique. La mobilité des ions se déduit de la connaissance de cette distance d au moyen de la formule $U = \frac{\pi N d^2}{E\sqrt{2}}$, où E désigne le potentiel indiqué par le voltmètre électrostatique et N la fréquence. Le tableau des résultats obtenus pour des champs qui vont de 12 450 v par centimètre à 5 160 v par centimètre, et des pressions allant de 304 mm à 760 mm, montre que ni la mobilité de l'ion positif, ni celle de l'ion négatif ne présentent une tendance à croître anormalement. De plus, les ions négatifs ne révèlent aucune tendance à prendre des mobilités supérieures à celles des ions positifs, comme cela se produirait s'ils venaient à se briser. — En résumé, il résulte du travail de M. Loeb que, dans un notable intervalle de champs, les ions qui se forment dans l'air sous des pressions voisines de la pression atmosphérique n'ont aucune tendance à se désagréger. Ces résultats sont d'accord avec ceux obtenus récemment par Wellisch (*Ann. Journ. of Science*, mai 1915) sous de faibles pressions et des champs électriques peu intenses, pour faire douter de la validité de la théorie, jusqu'ici généralement admise, qui regarde les ions comme constitués par une agglomération de molécules.

(1) Leonard B. Loeb. *Physical Review*, décembre 1916, 2e série, t. VIII, p. 633-650, 6 750 mots, 4 fig. 3 tab.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

Les usines et le réseau de la Société Hydro-électrique des Basses-Pyrénées

La Société Hydro-électrique des Basses-Pyrénées de constitution récente n'a commencé son exploitation qu'au printemps qui a précédé la guerre. La monographie qui suit a donc principalement trait à la description de ses usines, usine hydro-électrique de Banca, station thermique de secours de Mouguerre, ainsi que des lignes de transport et des réseaux de distribution, sans qu'il soit encore possible d'indiquer des résultats d'exploitation.

Historique et généralités. — Le réseau de la Société Hydro-électrique des Basses-Pyrénées s'étend entre la frontière d'Espagne au Sud, la Côte d'argent à l'Ouest et la région des Landes au Nord, à travers une des provinces les plus pittoresques du sud de la France ; dans tout le pays basque, en effet, les traditions locales transmises de génération en génération se sont conservées très vivaces ; on en trouve la preuve dans la langue, si différente du français et de l'espagnol, ainsi que dans la pureté du type de la population, ce qui caractérise absolument une race qui ne s'est pas laissé entamer, dans les coutumes très spéciales observées dans les campagnes entre voisins, enfin dans l'architecture villageoise qui ne se compare à aucune autre, depuis la maison aux poutres apparentes, « etché », en basque, jusqu'au classique fronton.

La pénétration des usages modernes de l'électricité dans un milieu si fermé, sauf dans les stations balnéaires de la côte et les agglomérations voisines de Bayonne, devra de toute évidence être lente ; d'ailleurs, entre les usines génératrices de la frontière espagnole et les centres d'utilisation proprement dits, l'ingénieur qui parcourt la région ne rencontre que bien peu d'industries locales pouvant utiliser l'énergie ; mais on peut sans crainte d'erreur prédire à ce pays, favorisé par la proximité des hautes chutes et par l'abondance de la main-d'œuvre intelligente, un développement industriel rapide, grâce aux avantages que lui apportent les lignes de transport d'énergie électrique ainsi que les voies ferrées d'intérêt local actuellement en construction.

Au delà du pays basque, au nord de Bayonne, la Société Hydro-électrique étend également des artères dans le département des Landes en orientation lointaine vers les réseaux desservant la région de Bordeaux et qui appartiennent à des Sociétés amies.

La Société Hydro-électrique des Basses-Pyrénées, constituée le 5 septembre 1910 en vue de mettre en valeur les différentes chutes de la Nive des Aldudes et de ses affluents, a racheté tout d'abord les concessions de 23 communes françaises du département des Basses-Pyrénées englobant une population totale d'environ 33000 habitants et dont les plus importantes sont depuis l'intérieur jusqu'à l'Océan : Ossés, Cambo, Guéthary, Bidart, Urt et Cap-Breton.

Elle a repris, en novembre 1911, la concession de la ville du Boucau (5000 habitants), centre industriel très important, avec tous les réseaux existants. A la même époque, elle obtenait une concession simple pour la distribution de l'énergie électrique pour tous usages dans la ville de Bayonne. Depuis lors, la Société a acquis d'autres concessions et elle est en instance pour en obtenir de nouvelles.

A la fin de décembre 1916, les communes qu'elle desservait directement étaient au nombre de 30, dont 23 dans le département des Basses-Pyrénées et 7 dans celui des Landes, comprenant une population d'environ 65000 habitants.

La Société Hydro-électrique, à la suite d'accords avec les concessionnaires locaux, fournit en outre l'énergie nécessaire à la distribution de l'électricité dans les riches agglomérations de Biarritz et de Saint-Jean-de-Luz. Le plan général du réseau de la Société Hydro-électrique est reproduit en figure 1.

Mise en exploitation des chutes. — Parmi les droits acquis par la Société lors de sa constitution, se trouvaient ceux concernant l'utilisation de trois chutes sur la Nive des Aldudes (Nive en basque est un terme générique signifiant rivière), au Pas-de-Roland, à Ossés et à Cambo, et deux sur chacun de ses affluents, le Batzan et le Laxia. Poursuivant les études entreprises précédemment, les services techniques de la Société ont déterminé que la chute de Banca, située plus en amont que les précédentes, permettait d'obtenir le maximum de puissance dans les conditions les plus avantageuses ; ce fut cette chute qu'on décida d'aménager tout d'abord.

Les travaux, commencés en août 1911, durèrent environ deux années, et dès les premiers jours d'octobre 1913 on put procéder à des essais sur la ligne

Digitized by Google

principale de transport de force avec du courant fourni par l'usine de Banca.

Pendant la durée de ces travaux, la Société Hydro-électrique des Basses-Pyrénées s'était assurée une four-

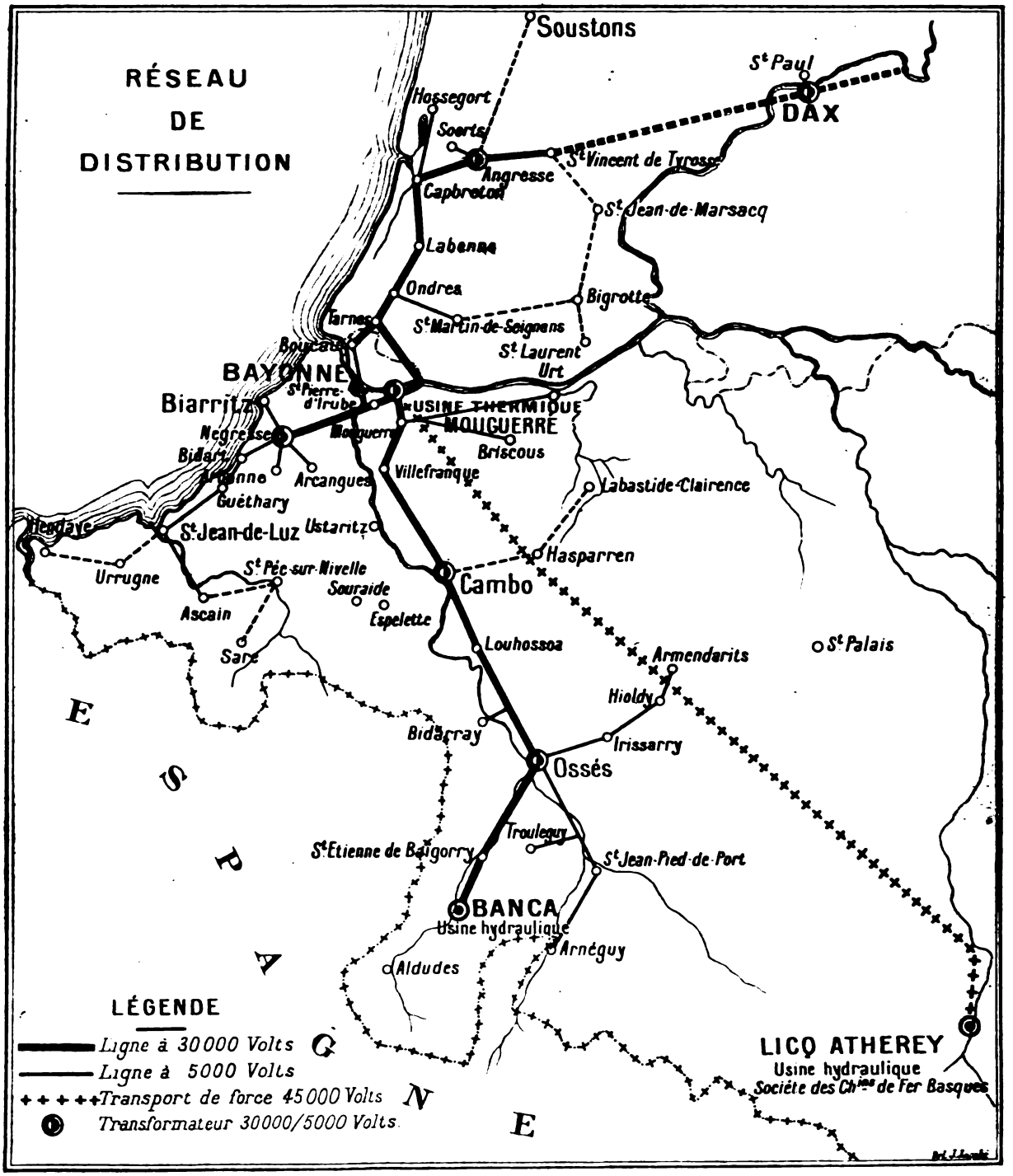


Fig. 1. — Plan du réseau de la Société Hydro-électrique des Basses-Pyrénées.

niture temporaire de courant par l'usine de Val-Carlos située au voisinage de Banca en territoire espagnol et appartenant à une autre Société.

Usine hydro-électrique de Banca. — L'usine de Banca située, ainsi que nous l'avons dit, sur la rivière dite la Nive des Aldudes (fig. 2), peut fournir une puissance

Digitized by Google

maximum de 4 500 ch avec une puissance en débit moyen de 3 300 ch environ ; elle peut produire annuellement 22 000 000 kw-h. La hauteur de chute depuis le bassin de prise en charge est de 100 m, et le débit moyen indiqué par la courbe de la figure 3 ne descend en-dessous de 3 m³ que pendant août, septembre et une partie de juillet ; il se maintient assez régulièrement le reste de l'année aux environs de 4 m³, valeur qui a été considérée dans tous les calculs de la puissance comme le débit moyen caractéristique du cours d'eau.

Les travaux hydrauliques ont été exécutés par la maison Thévenot et sont représentés sur le plan synoptique de la figure 4.

Le barrage en maçonnerie, avec vanne de décharge au droit de la prise d'eau et mur guide-eau de protection pour les manœuvres de la vanne, est situé sur la commune des Aldudes à 600 m en amont de Chaldia (fig. 2) ; il a une hauteur de 2 m et une longueur de 21 m. La prise d'eau comprend un double déversoir d'entrée et de sortie dans la chambre de décantation permettant

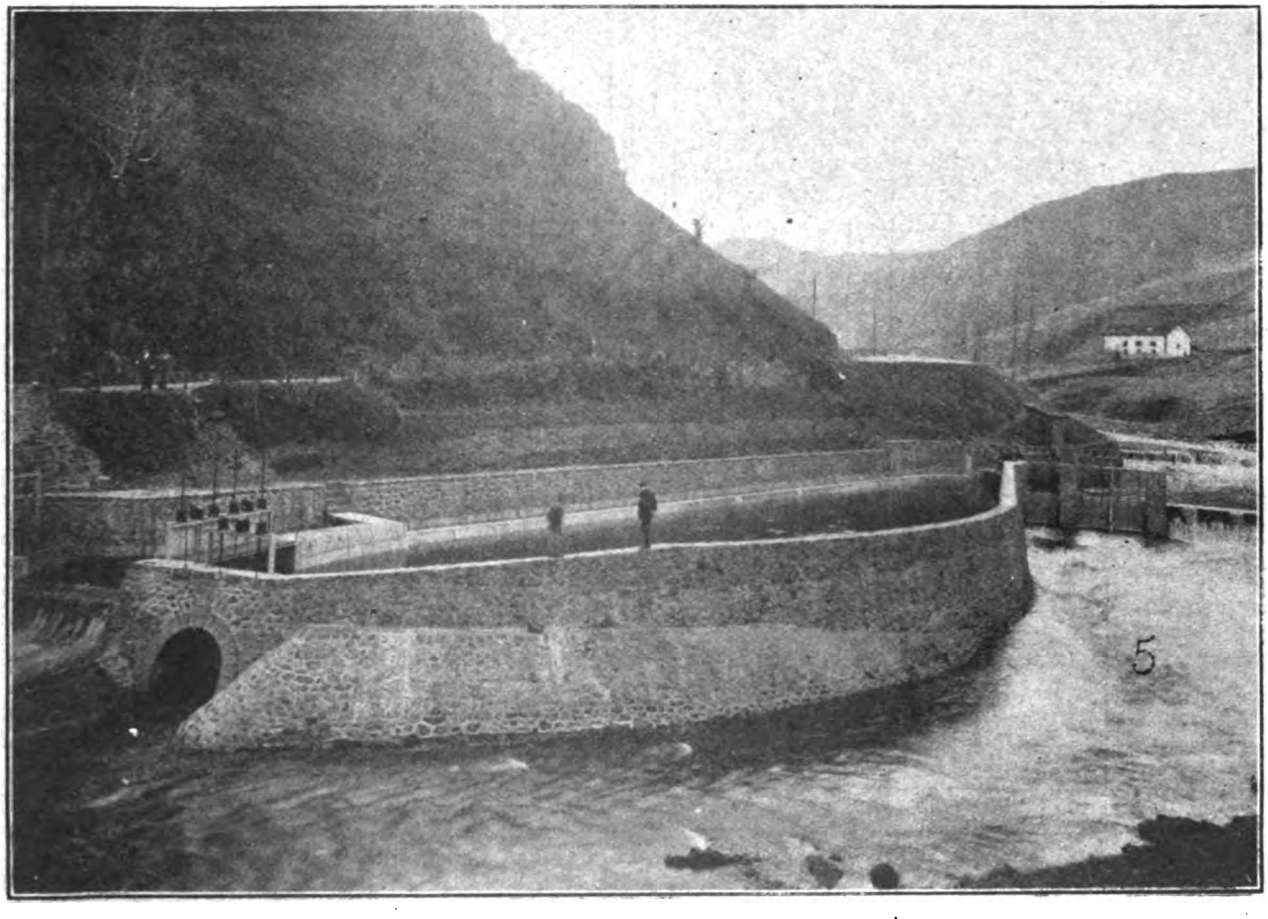


Fig. 2. — Usine de Banca. Prise d'eau des Aldudes.

l'alimentation du canal d'amenée, même si la chambre de décantation ne peut être utilisée pour une cause quelconque (nettoyage par exemple). Le canal d'amenée, en ciment armé, a une longueur à ciel ouvert de 3 344 m et une longueur en souterrain de 1 535 m avec une section mouillée de 2,48 m. Le bassin de mise en charge a une capacité de 4 000 m³ ; il est situé à la cote 355 (fig. 5 et 6) ; la conduite forcée qui y prend naissance est en tôle d'acier et elle a un diamètre de 1,40 m.

La partie électrique de l'usine de Banca (fig. 7 à 10) a été fournie par la Compagnie Électro-mécanique ; elle comprend trois alternateurs triphasés d'une puissance de 1 060 kv-a sous une tension composée de 5000 v et une fréquence de 50 périodes par seconde à une vitesse de 750 t : min (fig. 8 et 9).

Les alternateurs sont du type à induit fixe et inducteur tournant à pôles bobinés, à deux paliers (fig. 11 et 12). L'arbre de chaque alternateur est prolongé à chaque extrémité, d'un côté pour recevoir la partie mobile d'une turbine Francis à injection totale fournie par la maison Rieter de Winterthur ; de l'autre côté il est muni d'un palier de butée destiné à équilibrer une poussée axiale de plus de 3000 kg ; les paliers sont à circulation d'eau. Les particularités de construction de ces groupes sont dues, d'une part à ce que le régulateur de la turbine agissant assez lentement, il a fallu prévoir les

Digitized by Google

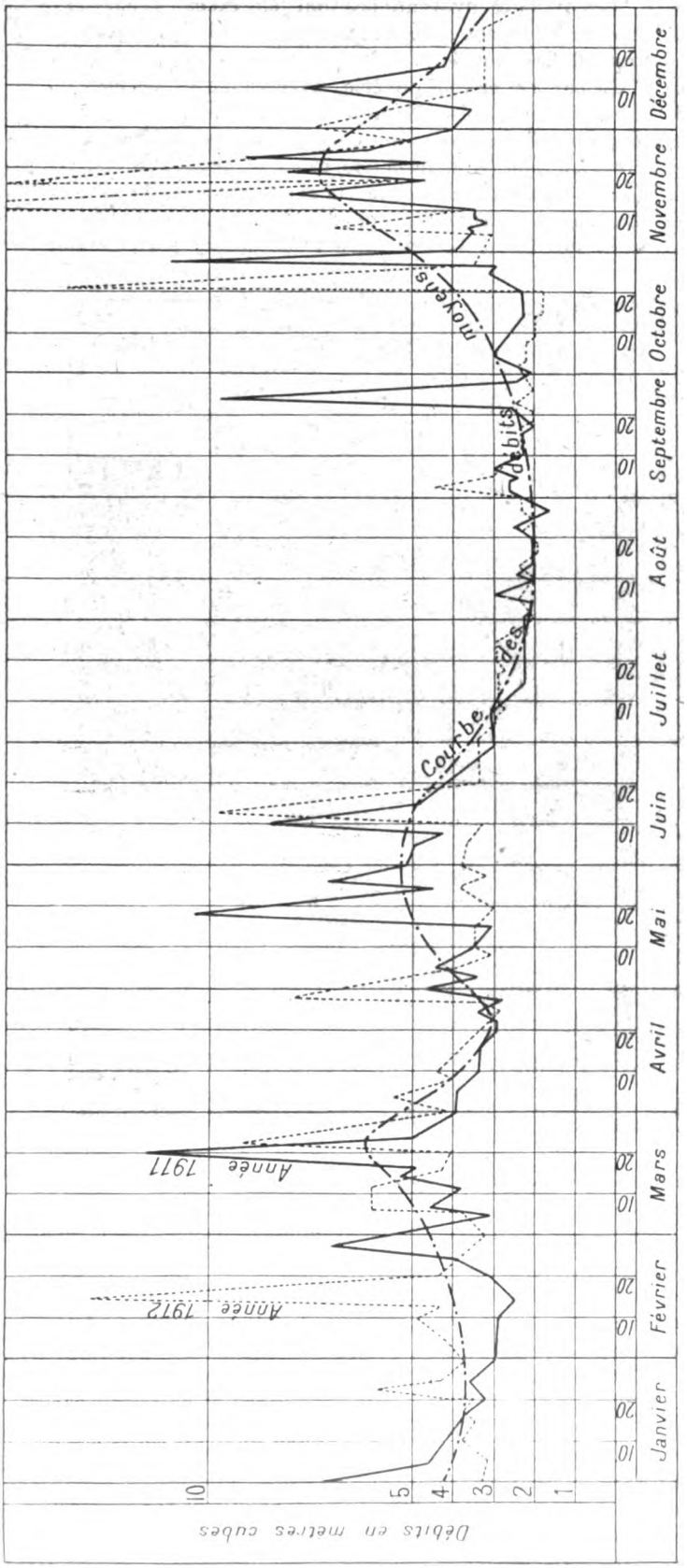


Fig. 3. — Courbes des débits de la rivière la Nive alimentant l'usine de Banca.

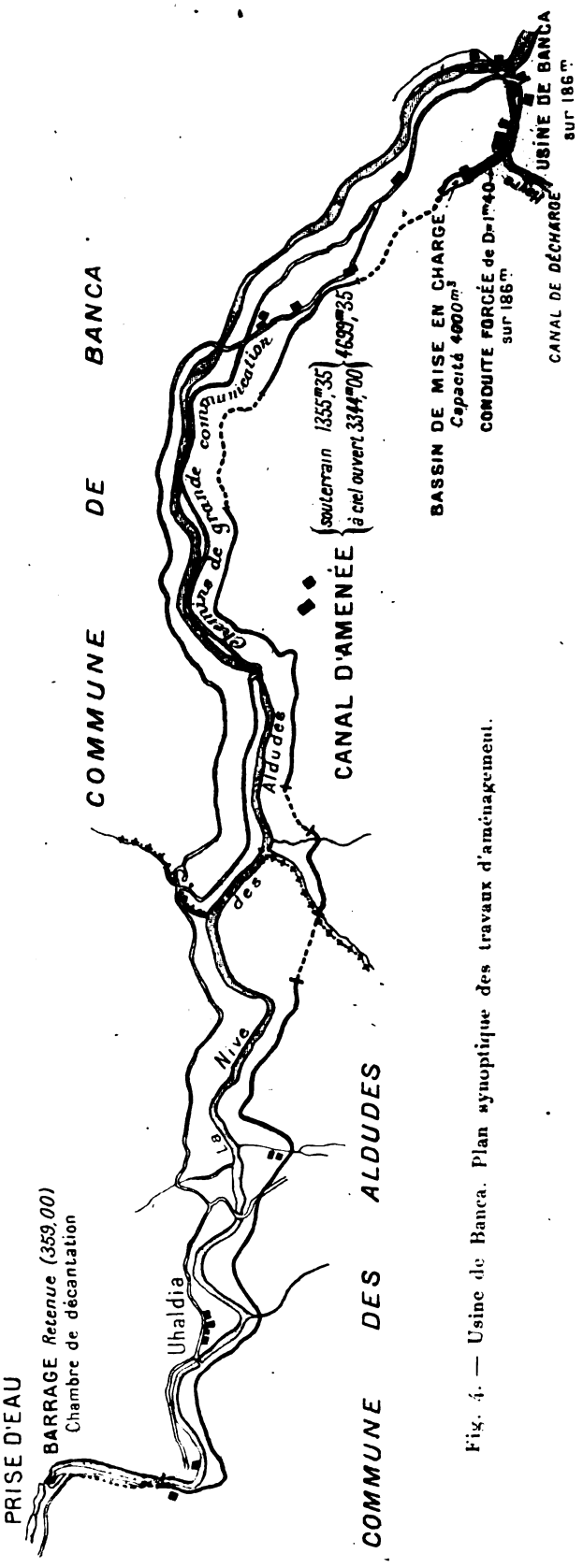


Fig. 4. — Usine de Banca. Plan synoptique des travaux d'aménagement.

Digitized by Google

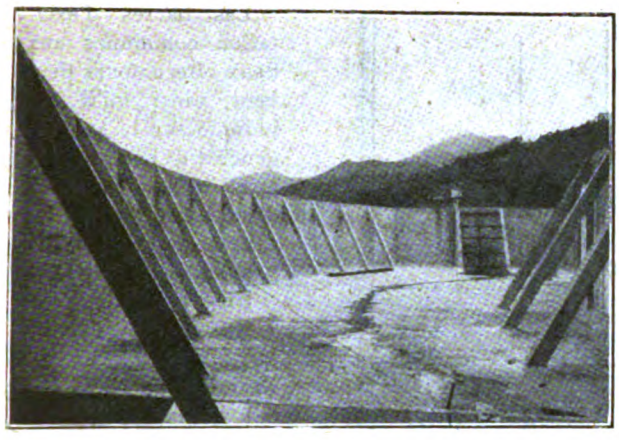


Fig. 5. — Usine de Banca. Château d'eau en construction.

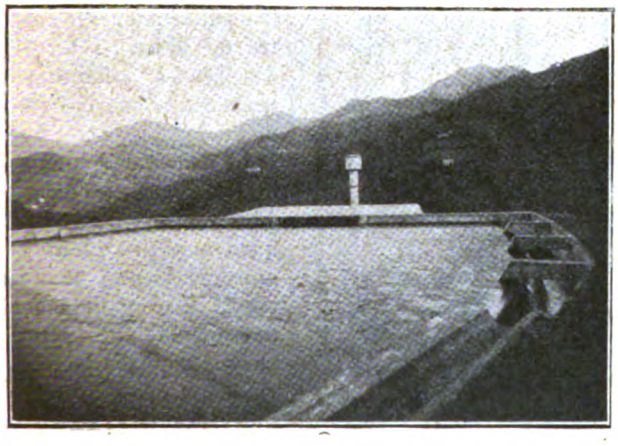


Fig. 6. — Usine de Banca. Château d'eau en charge.

groupe turbo-alternateur à trois paliers sans excitatrice en bout d'arbre. En outre, pour obtenir le PD^2 de la partie tournante de 9 000 kg-m² demandé par le constructeur de la turbine, sans l'adjonction d'un volant, il

Fig. 7. — Usine de Banca. Vue générale de l'usine et de la conduite forcée.

a lternateurs avec un grand PD^2 et d'autre part à ce que la centrale, étant à flanc de coteau, devait être aussi étroite que possible ; il en résultait que l'encombrement d'un groupe dans le sens de l'axe devait être également très réduit ; c'est ce qui a amené à faire un a fallu une roue polaire d'un grand diamètre tournant à une vitesse périphérique normale de 60 m : sec.

Aux essais de réception effectués le 5 mai 1914 à l'usine de Banca, le rendement de ces groupes s'est maintenu aux valeurs données par le tableau suivant.

Essais de rendement des groupes turbo-alternateurs.

ALTERNATEUR				TURBINE			DÉVERSOIR			CHUTE EN MÈTRES	RENDEMENT DES GROUPES		CHARGE
volts	amp.	kw	fréq.	tours	manomètre	vide mm Hg	section mm²	lame d'eau mm²	débit m³:sec		effectif	garanti	
5 000	60	500	53	750	98,5	25	345	251	0,730	99,443	69,2	69,2	1/2
5 000	90	760	53	750	98	24	402	310	0,998	98,943	77,4	76,2	3/4
5 000	125	1 060	53	750	97	23	465	375	1,331	98,140	81,8	73,7	4/4
5 200	135	1 170	51	740	96,3	22	495	403	1,477	97,574	81,7		5/4

Digitized by Google

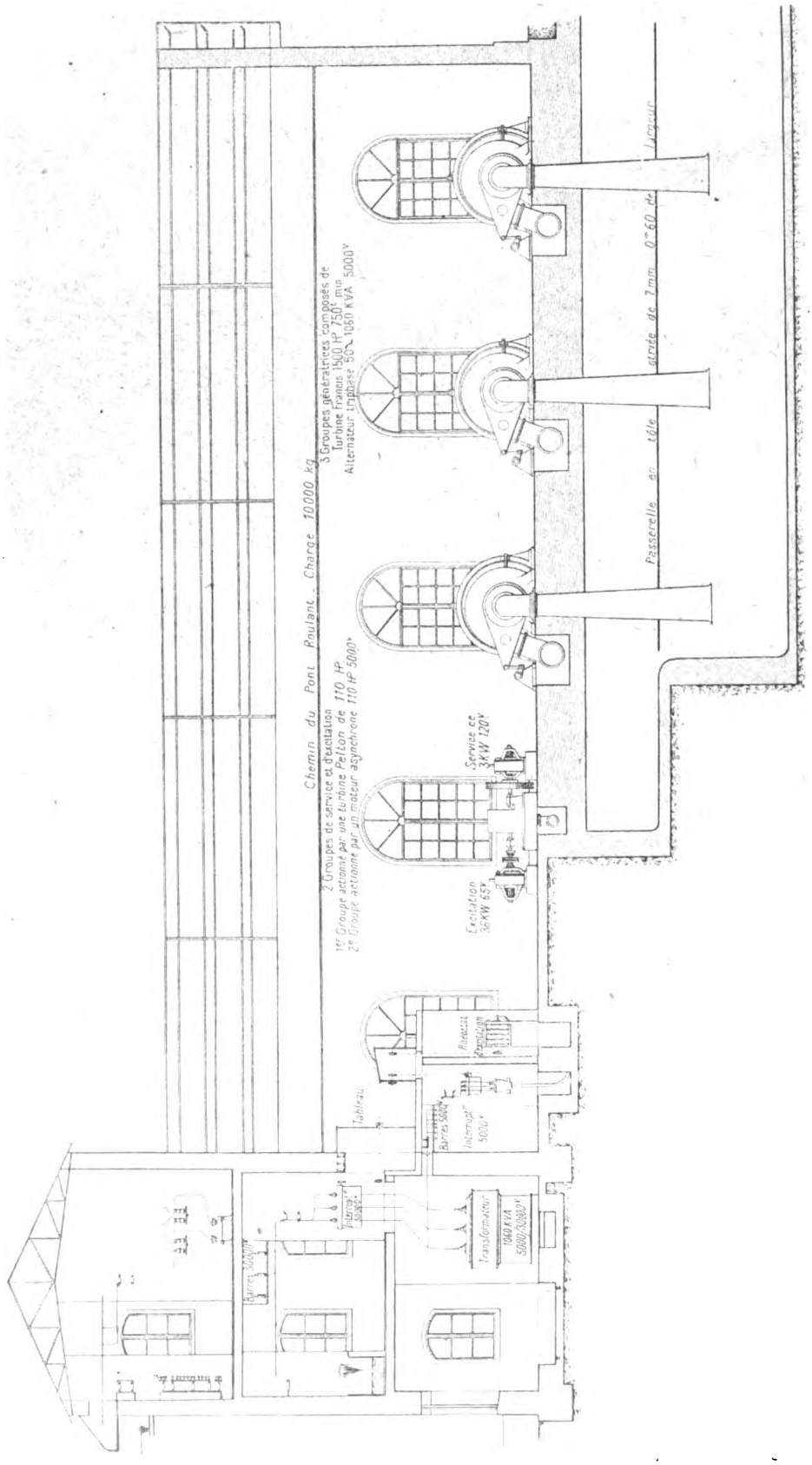


Fig. 8. — Usine de Banca. Coupe longitudinale.

Les barres d'excitation communes aux deux alternateurs peuvent, ainsi qu'il est indiqué sur le schéma général de la figure 10, être alimentées par deux sources de courant absolument indépendantes (fig. 12).

Un premier groupe comprend en effet une turbine Pelton de 110 ch tournant à 575 t : min accouplée directement à deux génératrices shunt à courant continu l'une de 36 kw, 65 v, capable d'exciter à pleine charge les trois alternateurs, l'autre de 36 kw, 120 v, destinée à alimenter les services auxiliaires de l'usine.

Le deuxième groupe est composé de deux génératrices identiques aux précédentes entraînées par manchons d'accouplement par un moteur asynchrone triphasé 50 périodes, 5 000 v, d'une puissance de 110 ch.

Le courant produit à 5 000 v par les alternateurs est élevé à la tension de 30 000 v par trois transformateurs triphasés à bain d'huile et circulation d'eau, dont les enroulements primaire et secondaire sont montés en étoile.

Un régulateur automatique de tension agissant sur l'excitation des excitatrices est prévu pour régler la tension, en bout de ligne à Bayonne, à une valeur constante de 27 000 v environ, la perte en ligne étant supposée au plus égale à 10 pour 100.

La protection des machines électriques

Digitized by Google

contre les surtensions et décharges atmosphériques est assurée par un jeu de limiteurs à jet d'eau, un jeu de parafoudres à rouleaux combiné avec des résistances en charbon et un jeu de parafoudres à cornes avec résistance liquide.

Ceux-ci, ainsi que les tableaux et tout l'appareillage haute et basse tension, ont été fournis par la Compagnie Electro-mécanique.

Usine thermique de Mouguerre. — Pendant que se poursuivaient les travaux d'aménagement de la chute de Banca, la Société mettait en construction, au port de Mouguerre sur l'Adour et en dehors de la limite de la commune de Bayonne afin d'éviter d'être obligée de la remettre à la ville en fin de concession, une usine thermique de secours.

Bien avant que celle-ci ne fût terminée, on dut, en juillet 1912, utiliser immédiatement la première demi-fixe installée afin de compléter l'alimentation du réseau, partiellement assurée dans les débuts d'une façon provisoire par l'usine de Val-Carlos, ainsi qu'il a été dit précédemment.

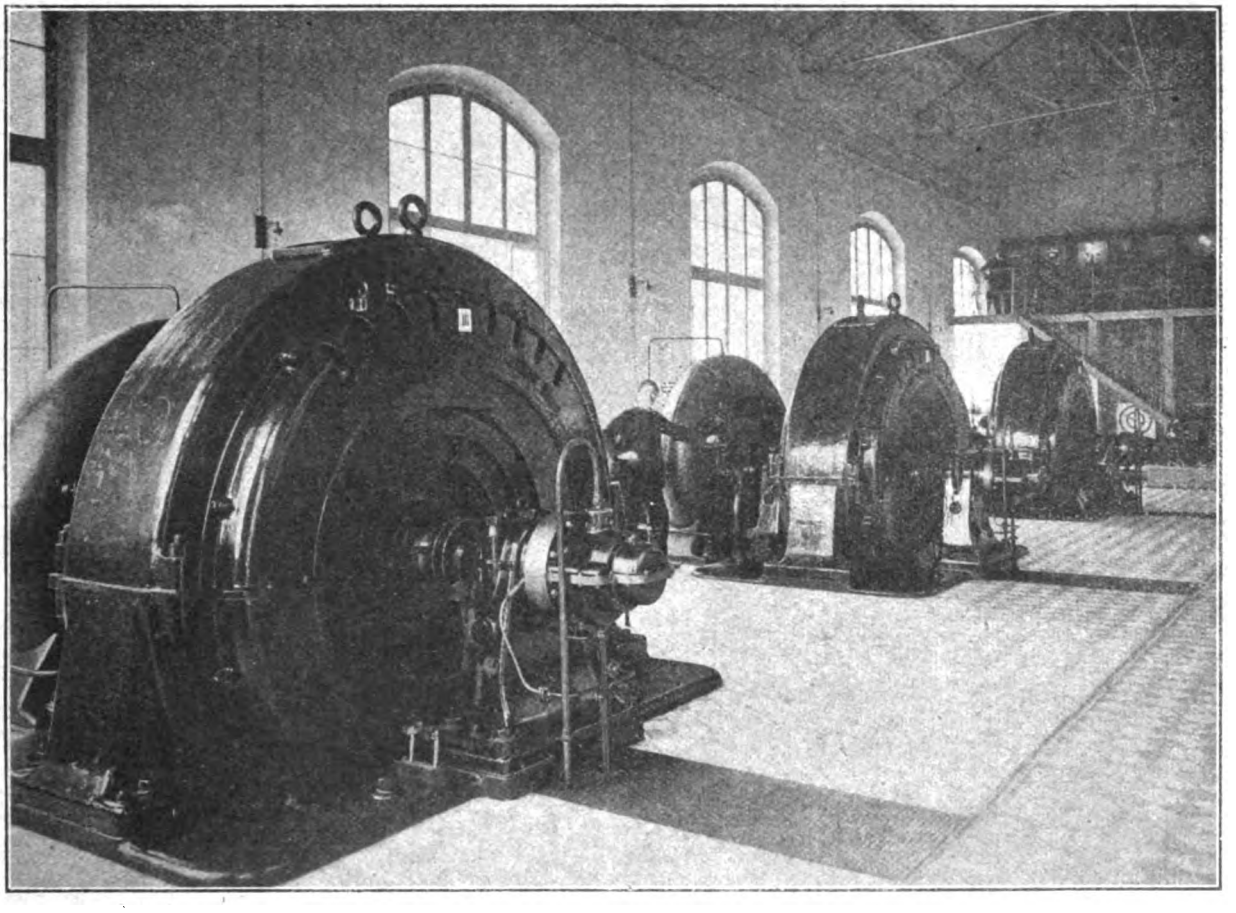


Fig. 9. — Usine de Banca. Vue d'ensemble de la salle des machines.

Le terrain sur lequel devait s'élever l'usine de Mouguerre ne présentant pas assez de stabilité en raison du voisinage de la rivière, les fondations furent établies sur des groupes de pilotis en béton système simplex, d'environ 12 m de profondeur.

La salle des machines est construite suivant un système mixte de charpentes métalliques et de béton. Le bâtiment annexe comprenant les transformateurs et l'appareillage pour les départs est en béton armé (fig. 13).

La salle des machines renferme deux demi-fixes de 250 ch et un moteur Diesel de 750 ch (fig. 14).

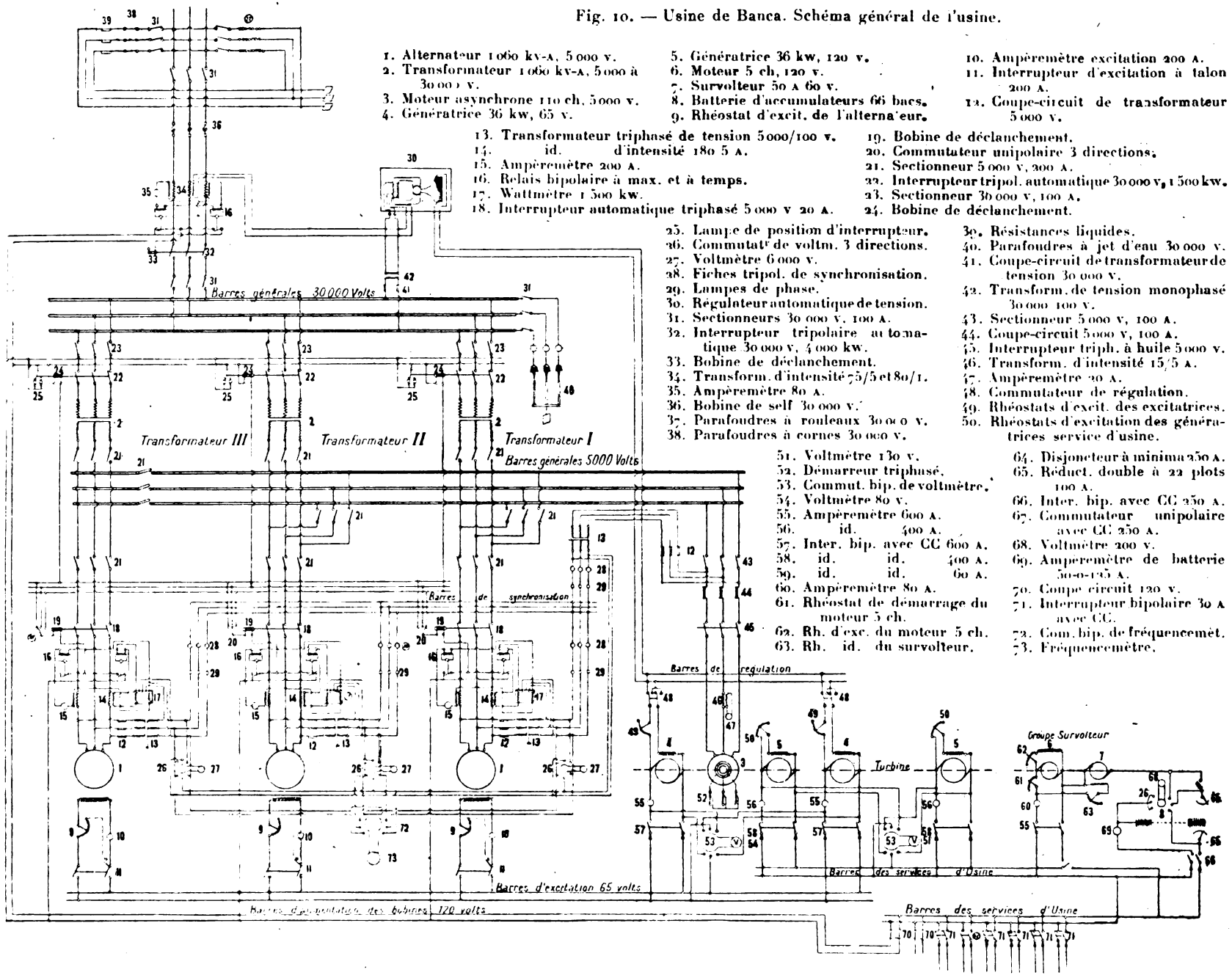
Les demi-fixes sont du type compound à vapeur surchauffée, distribution par soupapes et à condensation. Chacune d'elles est accouplée par courroie avec un alternateur triphasé avec excitatrice en bout d'arbre pouvant donner 210 kv-a sous 5 000 v, 50 périodes par seconde à la vitesse de 750 tours par minute.

La mise sous pression des chaudières est obtenue au moyen d'un tirage mécanique, système Prat, avec ventilateur.

Le moteur Diesel a été construit par la maison Sulzer, de Winterthur; il est à 3 cylindres, à 2 temps et tourne à 150 tours à la minute; sur son arbre est emmanché directement le rotor de l'alternateur qui sert en même

Digitized by Google

Fig. 10. — Usine de Banca. Schéma général de l'usine.



1. Alternateur 1060 kv-a, 5000 v.
2. Transformateur 1060 kv-a, 5000 à 30000 v.
3. Moteur asynchrone 110 ch, 5000 v.
4. Génératrice 36 kw, 65 v.
5. Génératrice 36 kw, 120 v.
6. Moteur 5 ch, 120 v.
7. Survolteur 50 a 60 v.
8. Batterie d'accumulateurs 66 bacs.
9. Rhéostat d'excit. de l'alternateur.
10. Ampèremètre excitation 200 a.
11. Interrupteur d'excitation à talon 200 a.
12. Coupe-circuit de transformateur 5000 v.
13. Transformateur triphasé de tension 5000/100 v.
14. id. d'intensité 180 5 a.
15. Ampèremètre 200 a.
16. Relais bipolaire à max. et à temps.
17. Wattmètre 1500 kw.
18. Interrupteur automatique triphasé 5000 v 20 a.
19. Bobine de déclanchement.
20. Commutateur unipolaire 3 directions.
21. Sectionneur 5000 v, 300 a.
22. Interrupteur tripol. automatique 30000 v, 1500 kw.
23. Sectionneur 30000 v, 100 a.
24. Bobine de déclanchement.
25. Lampe de position d'interrupteur.
26. Commutat^r de voltm. 3 directions.
27. Voltmètre 6000 v.
28. Fiches tripol. de synchronisation.
29. Lampes de phase.
30. Régulateur automatique de tension.
31. Sectionneurs 30000 v, 100 a.
32. Interrupteur tripolaire automatique 30000 v, 4000 kw.
33. Bobine de déclanchement.
34. Transform. d'intensité 75/5 et 80/1.
35. Ampèremètre 80 a.
36. Bobine de self 30000 v.
37. Parafoudres à rouleaux 30000 v.
38. Parafoudres à cornes 30000 v.
39. Résistances liquides.
40. Parafoudres à jet d'eau 30000 v.
41. Coupe-circuit de transformateur de tension 30000 v.
42. Transform. de tension monophasé 30000 100 v.
43. Sectionneur 5000 v, 100 a.
44. Coupe-circuit 5000 v, 100 a.
45. Interrupteur triph. à huile 5000 v.
46. Transform. d'intensité 15/5 a.
47. Ampèremètre 20 a.
48. Commutateur de régulation.
49. Rhéostats d'excit. des excitatrices.
50. Rhéostats d'excitation des génératrices service d'usine.
51. Voltmètre 130 v.
52. Démarreur triphasé.
53. Commut. bip. de voltmètre.
54. Voltmètre 80 v.
55. Ampèremètre 600 a.
56. id. 400 a.
57. Inter. bip. avec CC 600 a.
58. id. id. 400 a.
59. id. id. 60 a.
60. Ampèremètre 80 a.
61. Rhéostat de démarrage du moteur 5 ch.
62. Rh. d'exc. du moteur 5 ch.
63. Rh. id. du survolteur.
64. Disjoncteur à minima 250 a.
65. Réduct. double à 22 plots 100 a.
66. Inter. bip. avec CC 250 a.
67. Commutateur unipolaire avec CC 250 a.
68. Voltmètre 200 v.
69. Ampèremètre de batterie 50-0-150 a.
70. Coupe circuit 120 v.
71. Interrupteur bipolaire 30 a avec CC.
72. Com. bip. de fréquencemèt.
73. Fréquencemètre.

Digitized by Google

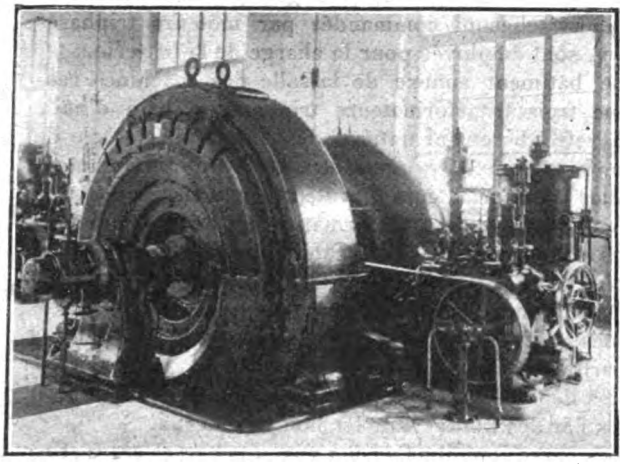


Fig. 11. — Usine de Banca. Alternateur triphasé.

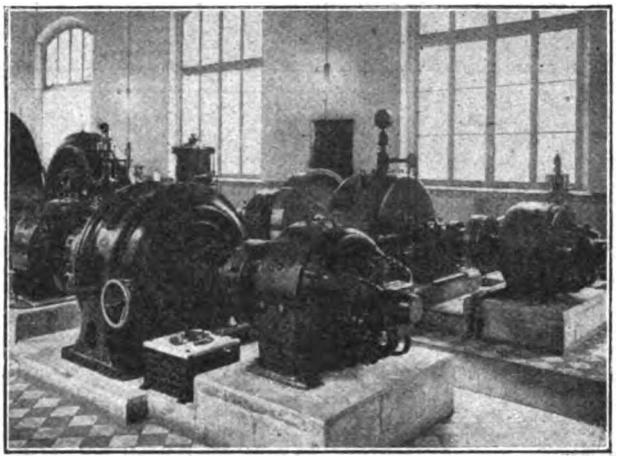


Fig. 12. — Usine de Banca. Groupes d'excitation et des services auxiliaires.

temps de volant. Cet alternateur peut débiter 630 kv-A sous 5 000 v. 50 périodes. Dans les conditions ordi-

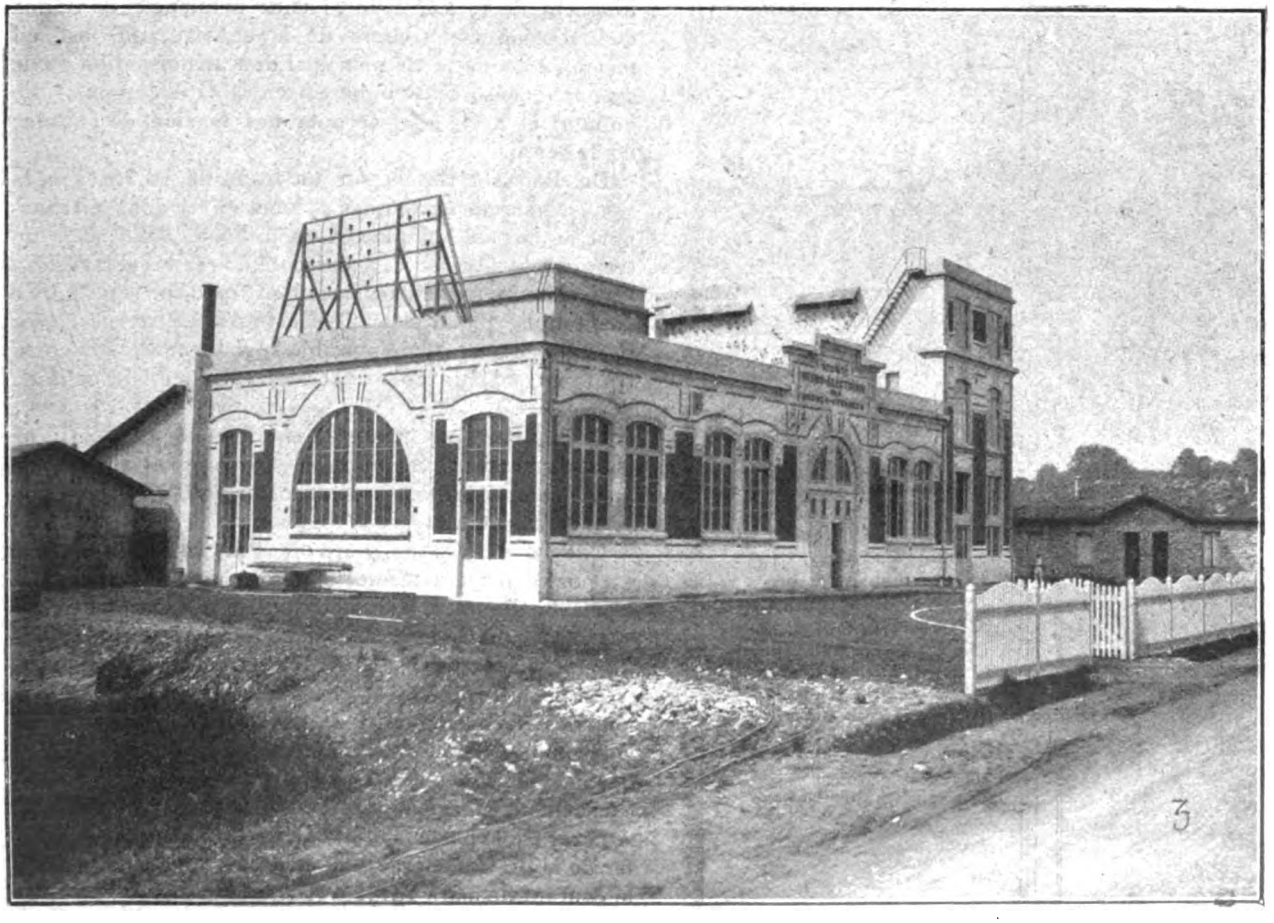


Fig. 13. — Usine de Mouguerre. Vue d'ensemble de l'usine génératrice et du poste de transformation et de coupure.

naires de marche, sous un $\cos\varphi = 0{,}80$, l'usine thermique de Mouguerre peut fournir une puissance continue de 800 kw. Une batterie d'accumulateurs de 250 A-h sous 120 v assure l'excitation et les services auxiliaires de

Digitized by Google

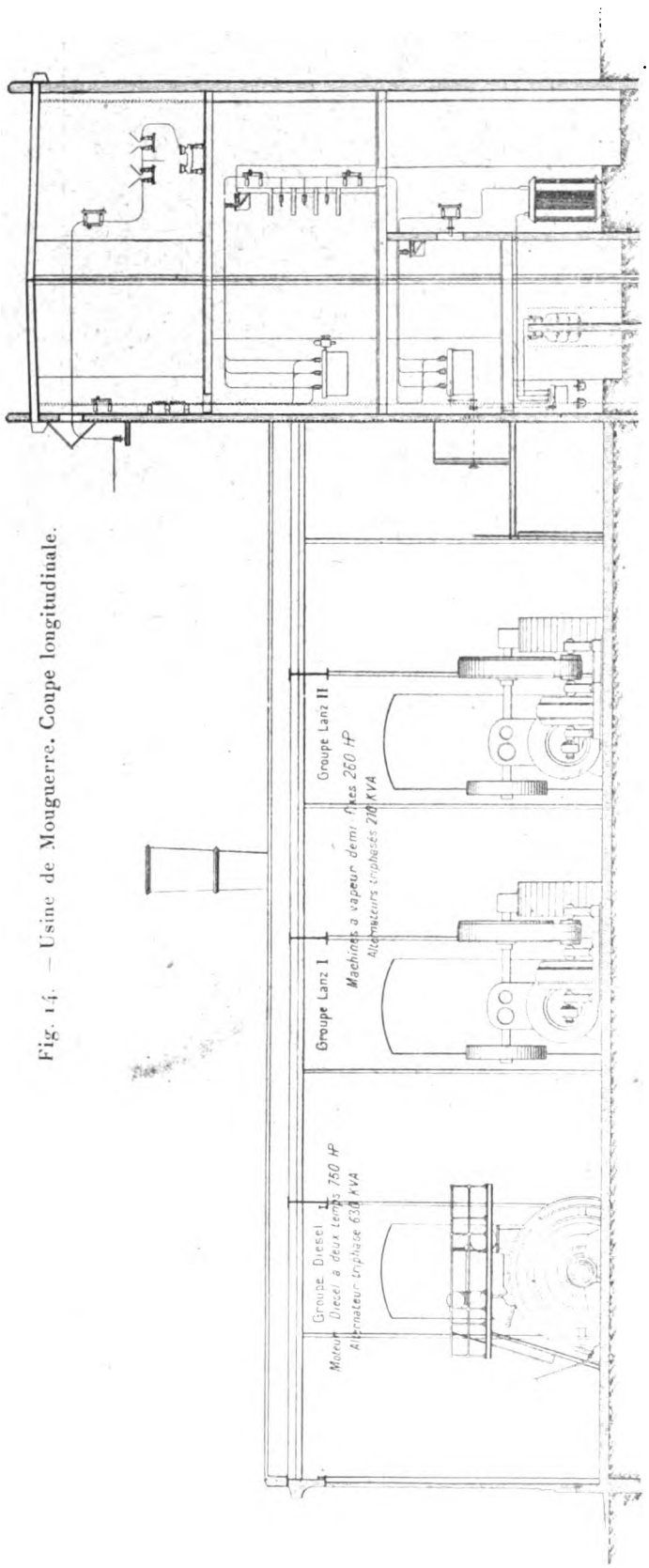


Fig. 14. — Usine de Mouguerre. Coupe longitudinale.

l'usine en cas de besoin; deux groupes convertisseurs de 12 kw chacun, commandés par moteurs triphasés 210 v, sont employés pour la charge de la batterie.

Le bâtiment annexe de la salle des machines renferme trois transformateurs triphasés à bain d'huile et à refroidissement naturel d'une puissance totale de 1 000 kv-a; ceux-ci peuvent être utilisés indifféremment comme transformateurs élévateurs ou abaisseurs.

Leur rapport de transformation est de 27 000 5 000; leurs primaires et leurs secondaires sont branchés en étoile.

Dans le même bâtiment se trouvent les parafoudres à cornes et les limiteurs à jet d'eau installés sur chaque départ aérien à 27 000 v et à 5 000 v.

Les départs en câble souterrain à 5 000 v sont protégés par des limiteurs de tension à rouleaux.

Les barres omnibus 27 000 v sont séparées entre elles par des cloisons en béton; de même, tous les disjoncteurs soit à 5 000, soit à 27 000 v, sont logés dans des cellules.

Lignes de transport de force. — Une ligne d'une longueur de 17 km réunit l'usine principale de Banca avec l'usine de secours de Mouguerre, qui est en même temps un poste principal de transformation et de sectionnement. Cette ligne est en câble d'aluminium de 70 mm² et a été équipée pour une tension de service de 30 000 v.

De Banca à Ossés, sur un trajet de 16,500 km, la ligne est supportée par des pylônes en fer dont le transport et la mise en place dans la haute vallée, sur un terrain très accidenté, a présenté de réelles difficultés; les isolateurs triple cloche sont en verre sur cette partie de la ligne (fig. 15 et 16). De Ossés à Mouguerre, la ligne longe autant que possible la route et elle est construite en poteaux bois avec isolateurs triple cloche en porcelaine.

Deux postes principaux de sectionnement de la ligne 30 000 v sont établis à Cambo et à Ossés et servent en même temps de postes de transformation 30 000/5 000 pour l'alimentation de ces communes.

Une ligne téléphonique à deux fils croisés en hélice est portée par les mêmes supports que la ligne principale de Banca à Mouguerre; deux dérivations prises aux postes de Ossés et de Cambo permettent aux agents de surveillance de localiser rapidement les défauts.

Au poste principal adjacent à l'usine de Mouguerre aboutit également une ligne triphasée 45 000 v, 25 périodes, de 11 500 km de longueur amenant au réseau de la Société Hydro-électrique des Basses-Pyrénées des excédents d'énergie de l'usine hydro-électrique de Licq-Atherey (1), appartenant à la Compagnie des chemins de fer du Midi. Cette ligne a dû être mise sous tension dans le courant de mars 1917.

(1) Nous reviendrons d'ailleurs prochainement sur cette usine de Licq-Atherey dont la description sera donnée dans la *R. G. E.*, par M. Dachary, inspecteur des Chemins de fer du Midi.

Digitized by Google

Lignes de distribution haute tension. — L'usine thermique de Mouguerre est le centre du réseau de distribution.

Il en part les lignes suivantes de distribution (fig. 17).

1° Une ligne à 30 000 v longue de 10,700 km desservant le poste de transformation de la Négresse qui alimente en 5 000 v les villes de Biarritz et de Saint-Jean-de-Luz et les groupes convertisseurs de la sous-station de Chassin du tramway B. L. B (fig. 18 et 19).

Le poste de la Négresse renferme trois transformateurs statiques dans l'huile d'une puissance totale de 1 700 kv-a.

2° Une ligne à 45 000 v qui doit alimenter exclusivement les forges du Boucau avec l'énergie fournie par l'usine de Licq-Atherey.

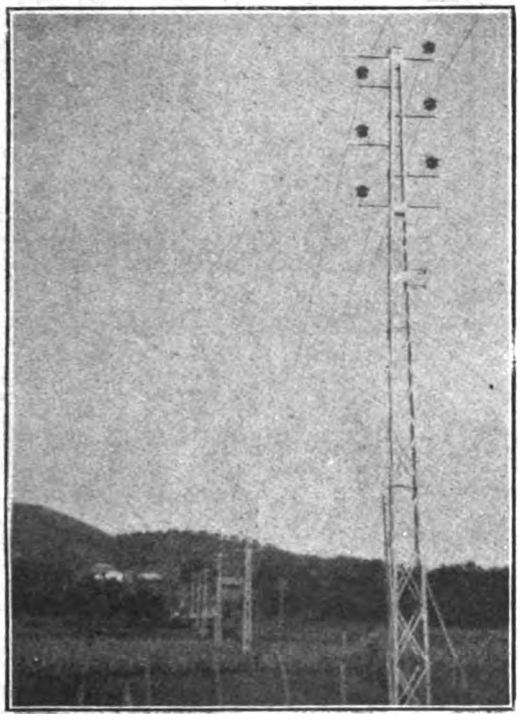


Fig. 15. — Ligne de transport à 30 000 v. Pylône normal.

Cette ligne traverse l'Adour à une distance de 2 km en amont de l'usine de Mouguerre et avec une portée de 300 m.

3° Une ligne à 30 000 v empruntant, sur une partie de son parcours, les mêmes supports que la précédente à 45 000 v et prévue pour la fourniture du courant dans le département des Landes en cas d'insuffisance de la ligne actuelle à 5 000 v.

4° Une ligne aérienne à 5 000 v desservant actuellement le département des Landes.

5° Un double départ souterrain à 5 000 v alimentant la ville de Bayonne.

En résumé, le développement des lignes haute tension de la Société Hydro-électrique des Basses-Pyrénées construites à ce jour est au total de 228 km se décomposant comme suit :

Ligne.....	45 000 v	11,500 km
Ligne.....	30 000 »	58,500 «
Lignes aériennes.....	5 000 »	139 «
Lignes souterraines..	5 000 »	19 «
		228 000 «

Réseaux basse tension. — La distribution du courant basse tension est faite normalement au moyen de réseaux à quatre fils avec neutre, les clients de force motrice étant branchés entre les fils de phase à 210 v triphasés et la lumière étant prise entre chaque phase et le neutre par conséquent à 120 v.

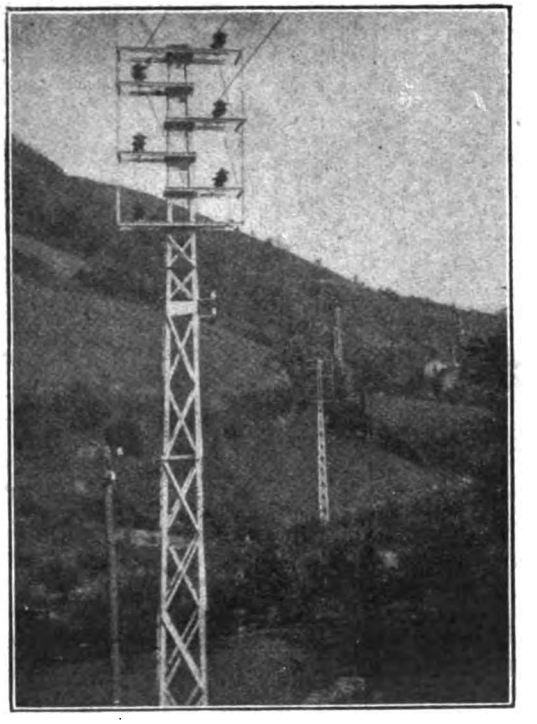


Fig. 16. — Ligne de transport à 30 000 v. Pylône d'angle.

La Société s'est préoccupée d'uniformiser les tensions de distribution dans les différentes concessions rachetées à l'origine; les réseaux secondaires comportaient en effet primitivement :

Du 6 000/150 dans les communes de la côte basque;

Du 5 000/150 dans les Landes;

Du 2 000/150 à Cambo;

Du 4 000/120 au Boucau;

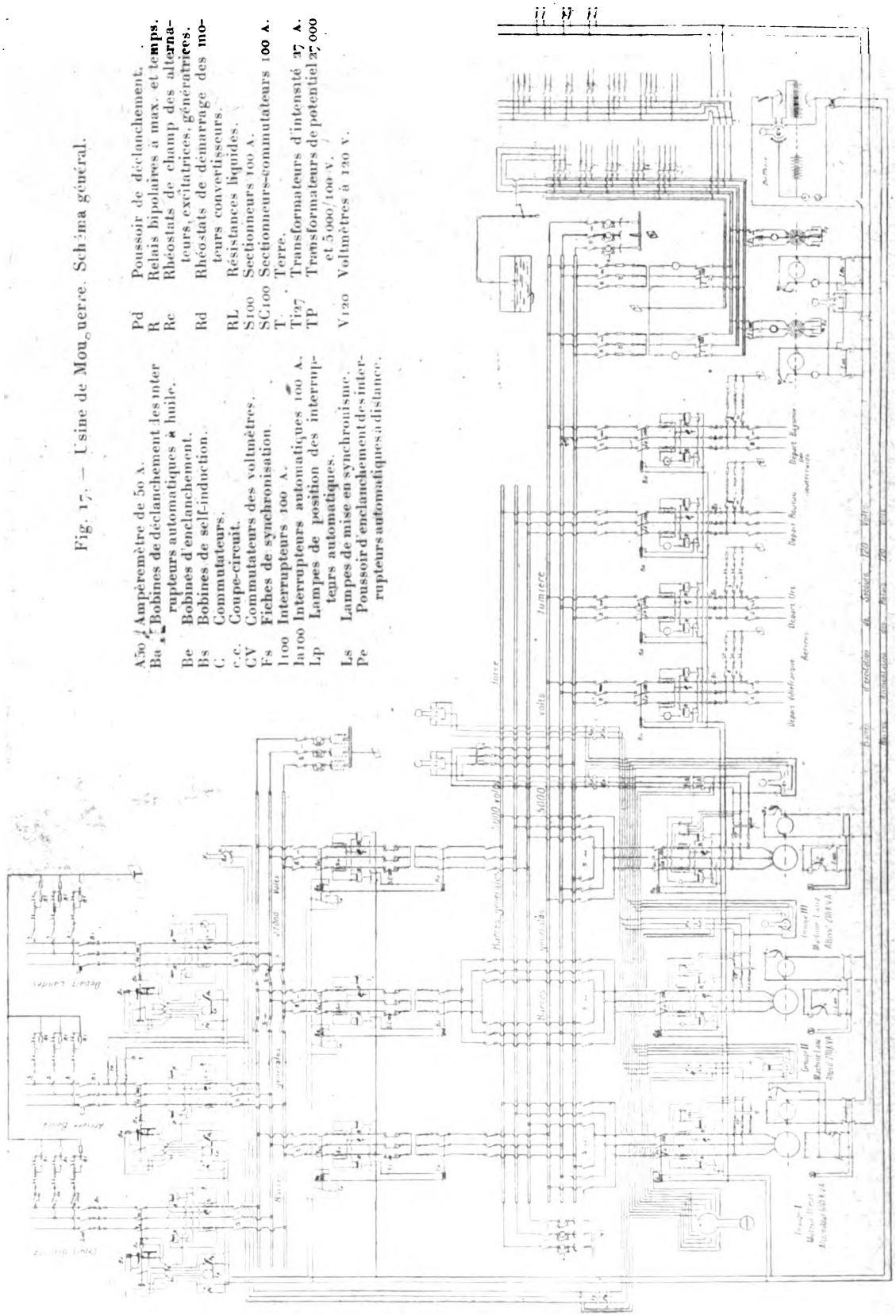
Du 15 000/120 dans les communes voisines de la frontière espagnole.

Actuellement, la transformation de tous les réseaux à la tension normale 5 000/210/120 est presque partout terminée sans avoir nécessité aucune interruption du service.

Digitized by Google

Fig. 17. — Usine de Mougerre. Schéma général.

A50	Ampèremètre de 50 A.	Pd	Poussoir de déclanchement.
Ba	Bobines de déclanchement des interrupteurs automatiques à huile.	R	Relais bipolaires à max. et temps.
		Rc	Rhéostats de champ des alternateurs, excitatrices, génératrices.
Be	Bobines d'enclanchement.		
Bs	Bobines de self-induction.	Rd	Rhéostats de démarrage des moteurs convertisseurs.
C	Commutateurs.		
c.c.	Coupe-circuit.	RL	Résistances liquides.
CV	Commutateurs des voltmètres.	S100	Sectionneurs 100 A.
Fs	Fiches de synchronisation.	SG100	Sectionneurs-commutateurs 100 A.
I100	Interrupteurs 100 A.	T	Terre.
Ia100	Interrupteurs automatiques 100 A.	Ti37	Transformateurs d'intensité 37 A.
Lp	Lampes de position des interrupteurs automatiques.	TP	Transformateurs de potentiel 25 000 et 5000/100 V.
Ls	Lampes de mise en synchronisme.	V120	Voltmètres à 120 V.
Pe	Poussoir d'enclanchement des interrupteurs automatiques à distance.		



Digitized by Google

Fig. 18. — Sous-station de Chassin pour le tramway B. L. B.

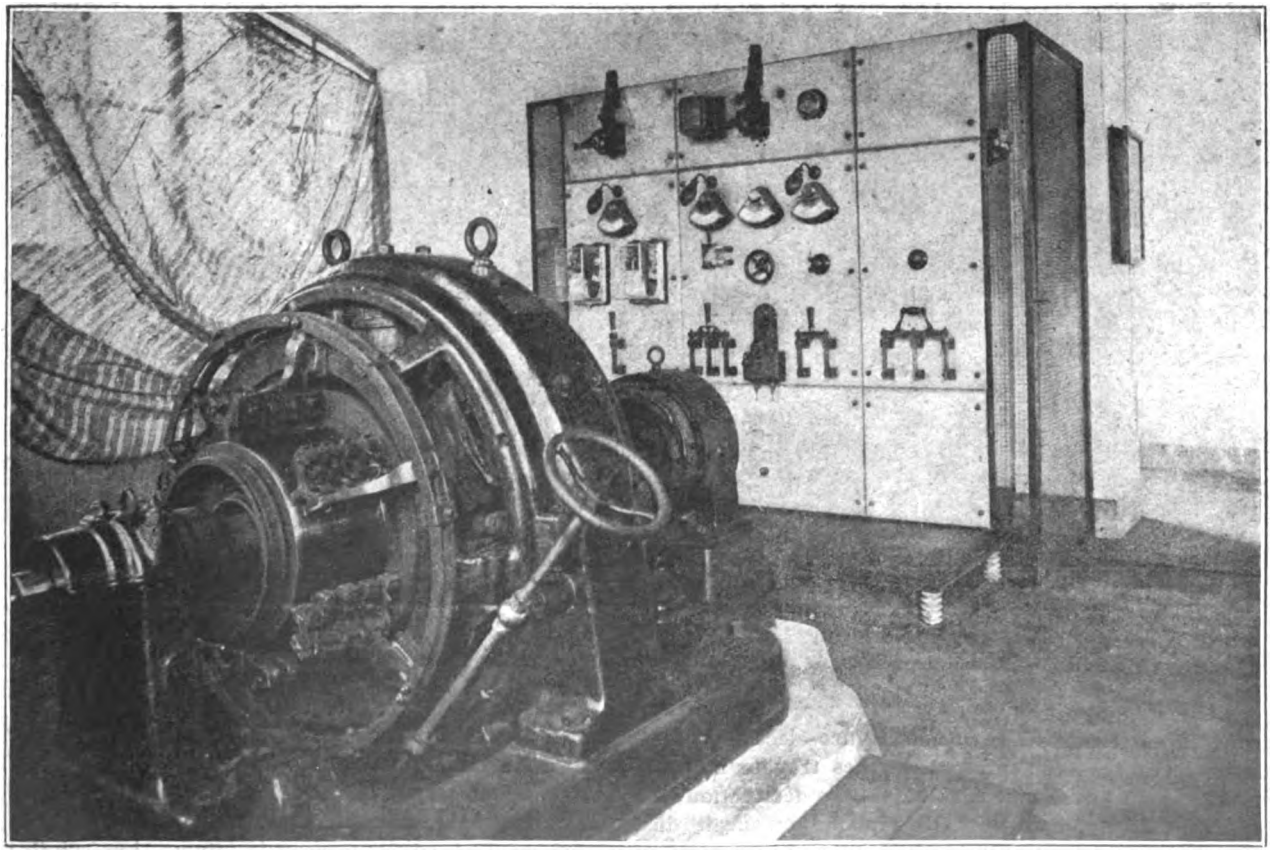


Fig. 19. — Sous-station de Chassin. Commutatrice 250 kw. 650 v. 1 000 t : min, 50 p : sec de la Société Westinghouse.

Digitized by Google

Les postes de transformation en service sont au nombre de 92 dont 8 en cabine métallique sur poteaux et les autres en cabine de maçonnerie; la puissance des transformateurs varie de 5 à 120 kv-a; ils sont presque tous à refroidissement naturel dans l'huile.

Plusieurs industriels sont alimentés directement en 5 000 v.

Résultats d'exploitation. — Les usines et la ligne principale de transport d'énergie, précédemment dé-

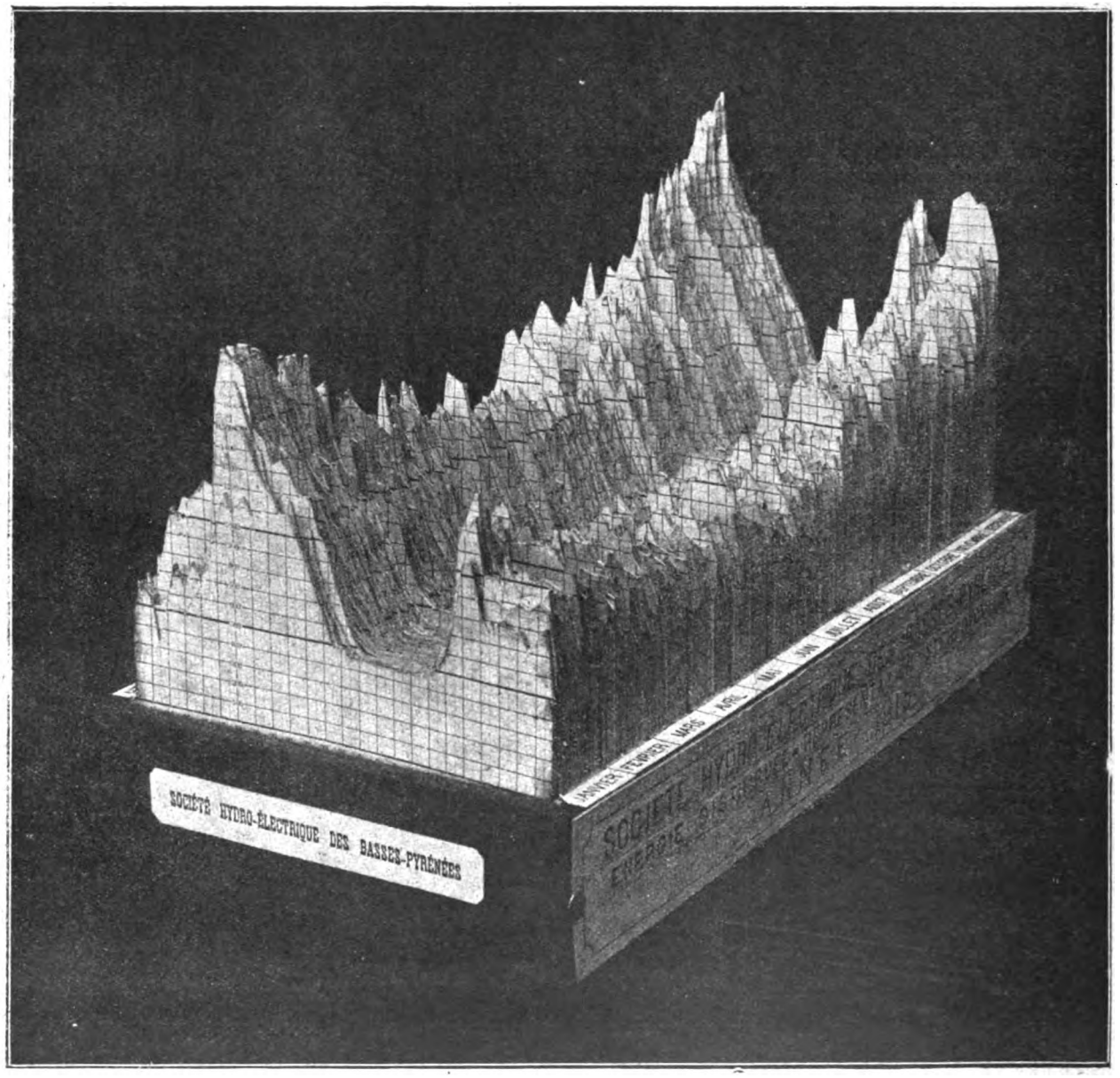


Fig. 20. — Usine de Banca. Représentation en relief de l'énergie distribuée pour l'année 1915.

crites, furent remises à la Société Hydro-électrique des Basses-Pyrénées par l'entrepreneur des travaux en état de marche au printemps 1914 et, sans la déclaration de guerre, c'est à partir de cette époque qu'aurait dû compter le commencement de l'exploitation normale.

Mais la perturbation économique consécutive à la déclaration de guerre, ainsi que la mobilisation d'une grande partie du personnel de la Société, le ralentissement de certaines fournitures aux petits abonnés, et les demandes subitement accrues de clients importants travaillant pour la défense nationale ont profondément modifié les conditions d'exploitation. Les chiffres donnés dans ces conditions risqueraient de n'être pas comparables à ceux qui seront obtenus pendant des

Digitized by Google

années normales dans l'avenir; toutefois, ce n'est pas sans intérêt qu'on examinera sur les figures 20 et 21 la représentation stéréotomique de l'énergie distribuée, en usage dans la Société, et qui est analogue à celle qui a été décrite récemment pour la Société d'éclairage de Bordeaux (1).

Les deux photographies que nous donnons ici reproduisent la vue sous le même angle des deux blocs

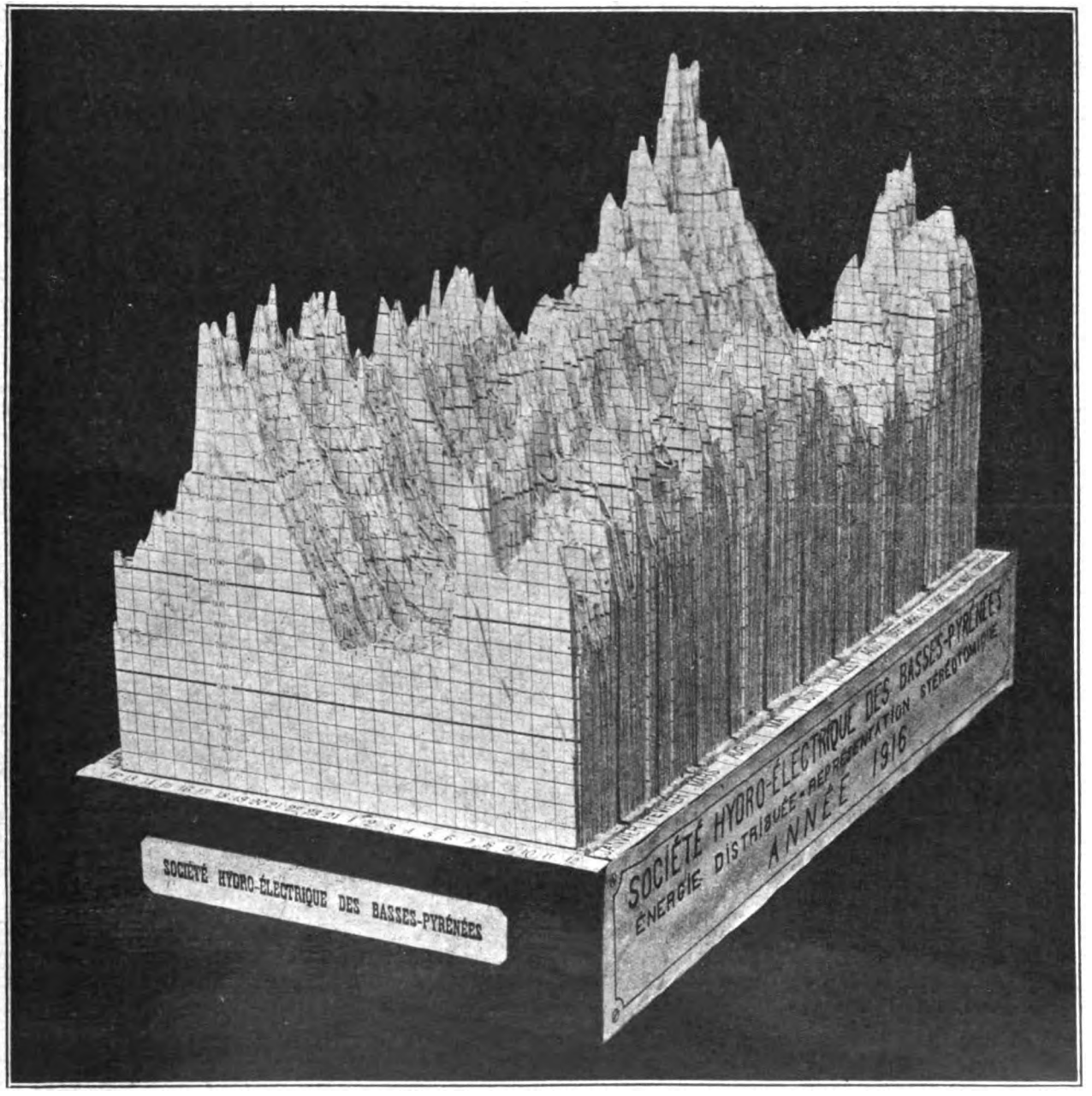


Fig. 21. — Usine de Banca. Représentation en relief de l'énergie distribuée pour l'année 1916.

représentant en relief l'énergie distribuée pendant les années 1915 et 1916 à l'usine de Banca.

D'un seul coup d'œil on peut se faire une idée générale sur les variations du régime de la distribution de 1915 à 1916.

Cette représentation en relief est particulièrement instructive pour un réseau utilisant en plus grande partie l'énergie hydraulique, puisque les vallées représentent d'une manière très claire l'énergie non utilisée à la chute; l'exploitant peut ainsi apprécier nettement

(1) A. Ticier. — Représentation en relief de l'énergie distribuée. *Revue générale de l'Electricité*, 20 janvier 1917, t. 1, p. 98.

Digitized by Google

la quantité d'énergie qui lui reste à chaque instant disponible à une époque quelconque de l'année.

Il cherchera à recruter en conséquence sa clientèle en faisant varier ses tarifs de façon à favoriser l'emploi du courant au moment des dénivellations qui lui indiquent les excédents disponibles; il sera ensuite intéressant de comparer, comme nous le faisons ici, les blocs des années consécutives pour apprécier les progrès réalisés dans la vente du courant.

Nous désirons remercier particulièrement en terminant M. Fave, le distingué directeur de la Société Hydro-électrique des Basses-Pyrénées, qui a bien voulu, malgré les charges écrasantes de son service, nous guider à plusieurs reprises dans la visite de son réseau et de ses usines en nous fournissant avec une grande compétence les renseignements techniques sur son exploitation.

Jacques de Soucy,
Ingénieur-Conseil.

La deuxième Foire de Lyon *(Suite)*(1).

Compagnie Générale Electrique de Nancy. — La région si industrielle de l'Est, qui a toujours été à la tête du mouvement économique en France grâce à l'entente bien comprise de la banque et de l'industrie, possède une Société de construction de matériel électrique de premier ordre, c'est la Compagnie Générale Electrique de Nancy.

Créés en 1898, les ateliers de la rue Oberlin se sont développés d'année en année et actuellement ils couvrent une superficie de plus de 15 000 m². D'importants services d'études, de vastes plates-formes et des laboratoires d'essais voisins des ateliers, assurent une conception rationnelle du matériel et le contrôle permanent et rapide de toutes les fabrications. Ils sont devenus les fournisseurs de nos grandes administrations et de tous industriels soucieux de posséder du matériel irréprochable.

Citer la production de la Compagnie Générale Électrique de Nancy, c'est énumérer toute la lyre du matériel électrique : alternateurs de toutes fréquences et de toutes phases, transformateurs jusqu'à 5 000 kv-a, moteurs asynchrones, groupes convertisseurs, treuils et palans électriques, ventilateurs, pompes centrifuges, tableaux de distribution, accumulateurs et charbons électriques si renommés, avec juste raison du reste. Le halage électrique aussi a tenté la Compagnie Générale Électrique et, après de multiples essais dont les résultats ont été concluants, elle vient de procéder à une installation importante sur une section du canal de la Marne au Rhin.

L'Éclairage Électrique. — Le matériel de l'Éclairage Électrique occupe une place prépondérante à la Foire de Lyon. Deux stands montrent aux nombreux visiteurs les multiples machines sorties des usines de la Société.

L'usine Lecourbe construit le gros matériel électrique : transformateurs, dynamos, moteurs, alternateurs, perçeuses électriques, tableaux de distribution, pompes centrifuges (Maginot) et l'appareillage à haute et basse tensions.

L'usine de Jarville s'est consacrée aux moteurs continus et alternatifs dont elle a entrepris la fabrication en séries.

L'usine de Colombes fournit les tubes isolants « Leclique » et le petit appareillage électrique : interrupteurs prises de courant, douilles, etc.

L'usine Bolivar est spécialisée dans la fabrication des câbles et fils électriques. Elle fournit, à la satisfaction générale, une importante clientèle officielle et privée.

L'usine de Choisy fabrique les machines-outils Jaeggé : tours parallèles, perçeuses, machines à affûter les forets, etc.

Les groupes électriques « Fiat Lux », qui sont en application dans maintes industries, sortent aussi de l'Éclairage Électrique.

Un isolateur de dimensions respectables sorti de la Manufacture de porcelaines de Sainte-Foy-l'Argentière, figure aussi dans les stands de l'Éclairage Électrique.

La production des usines de l'Éclairage Électrique a augmenté dans de notables proportions depuis la guerre. Malgré les crises de toutes sortes, l'Éclairage Électrique, qui avait toujours été un des principaux fournisseurs de l'État pour le matériel électrique, dût, avec cette clientèle officielle, se développer par la création d'importantes usines de guerre à Lyon, à Suresnes et à Jarville.

Compagnie Générale d'Électricité. — En dehors de son appareillage à haute et basse tensions, de ses isolants (ébonite, roburine, gummite, etc.) adoptés par toute notre industrie électrique, de ses fils de cuivre et de laiton dont les établissements Rai-Tillières ne peuvent suffire à alimenter la clientèle, de sa lampe Métal 1/2 watt dont le succès est de plus en plus croissant, la Compagnie Générale d'Electricité s'est aussi lancée dans la construction des magnétos.

Les magnétos Eole et Gibaud pour moteurs à 4, 6 ou 8 cylindres, exposées à la Foire de Lyon, sont un

(1) *R. G. E.*, 24 mars 1917, p. 464.

Digitized by Google

modèle de fabrication et de précision. Elles sont appelées certainement à supplanter toutes les marques allemandes dont notre pays était totalement tributaire avant la guerre.

Westinghouse. — Le matériel Westinghouse est répandu dans le monde entier. Les usines de Pittsburg et de Manchester alimentent une clientèle américaine et anglaise de première importance.

En France, les usines du Havre, malgré l'intensité de leur fabrication, ne peuvent satisfaire aux nombreuses commandes d'alternateurs, commutatrices, transformateurs, moteurs de traction, automotrices, qu'elles reçoivent de nos Compagnies de tramways et de nos Sociétés de distribution.

Il nous suffit donc, à l'occasion de la Foire de Lyon, de simplement noter au passage le nom de la Société Anonyme Westinghouse.

Wagner et Cie. — L'outil électrique portatif est devenu un instrument de travail indispensable pour toutes les entreprises de constructions métalliques, navales et mécaniques.

La perceuse ou la taraudeuse électrique, l'appareil électrique à meuler et à rectifier intérieurement ou extérieurement devraient se trouver dans tous les ateliers où l'on a le souci d'économiser du temps par l'emploi d'outils perfectionnés.

Depuis une dizaine d'années, la maison Wagner et Cie, de St-Étienne, s'est spécialisée dans la construction de l'outillage électrique. Ses perceuses, appareils à meuler à main et pour machines, supports à adhérence magnétique, etc.,ontpris sur lemarché une place prépondérante.

Les efforts qu'elle a faits pour arriver à une fabrication irréprochable, lui ont valu, en 1914, d'obtenir, après concours, l'adjudication de la fourniture des perceuses électriques pour les arsenaux de la Marine nationale. A ce concours étaient représentées toutes les principales marques étrangères, allemandes notamment, et dans le classement général, Wagner et Cie ont laissé bien loin derrière eux la meilleure des marques étrangères.

Les établissements Wagner se sont appliqués principalement à donner à ce petit matériel électrique toutes les qualités de robustesse, de fini et de rendement qui lui sont indispensables pour que l'usage en soit pratique et durable. Ils se flattent d'avoir obtenu un résultat correspondant à leurs espérances et aussi d'avoir contribué à rendre à l'industrie française un marché qui tendait de plus en plus à lui échapper.

A. Grammont. — Les établissements industriels de E.-C. Grammont et de Alexandre Grammont ont débuté dans l'électricité par la fabrication des câbles et fils pour transports de forces, téléphones et télégraphes, sous-marins ; ils ont acquis dans cette spécialité une réputation universelle.

Ils entreprirent ensuite la construction des dynamos, moteurs, alternateurs, transformateurs, dont nos électriciens ont su apprécier les qualités. Ils adjoignirent plus tard à leur fabrication, l'industrie du caoutchouc et de la guttapercha nécessaires à l'isolement des conducteurs électriques. Enfin, ils ont lancé, ces dernières années, la lampe à filaments métalliques « Fotos ».

L'usine de Pont-de-Chéruy couvre une superficie de 43 200 m² et, malgré son étendue, ne peut suffire à l'ensemble des diverses fabrications. Aussi plusieurs autres usines secondaires, à Lyon, à la plaine Chavanoz, à Saint-Tropez, viennent-elles seconder l'usine principale et apporter leur contribution à cette importante entreprise industrielle.

Les établissements A. Grammont ont entrepris, depuis la guerre, la fabrication de fusées et de douilles destinées à la défense nationale.

Société Industrielle des Téléphones. — La Société Industrielle des Téléphones a rendu des services inappréciables à la défense nationale. Les services de la guerre, de la marine, ont largement mis à contribution le matériel téléphonique des usines de la Société, postes, tableaux, multiples, sonneries, etc.

Les câbles et fils électriques sont une des spécialités dans laquelle la Société des Téléphones s'est créée une place de premier rang. Son appareillage à haute et basse tension : interrupteurs, disjoncteurs, démarreurs, réducteurs, etc. est très apprécié des électriciens qui l'emploient.

La Société Industrielle des Téléphones possède aussi une importante section caoutchouc pour de multiples applications industrielles.

Le Matériel Téléphonique. — Les appareils téléphoniques de la Western Electric Cy sont trop connus en France pour qu'il soit nécessaire de les décrire.

A l'exemple de la Thomson, le Matériel Téléphonique s'est ingénié à doter notre pays du téléphone automatique. Il a installé le semi-automatique d'Angers qui comporte 1 800 abonnés avec une capacité de 20 000, et procède actuellement à l'établissement de celui de Marseille avec 8 900 abonnés et une capacité de 100 000.

Le Matériel Téléphonique s'était cantonné jusqu'à présent dans le domaine téléphonique, aussi avons-nous été quelque peu surpris de trouver, dans son stand, tout un stock d'appareillage électrique (interrupteurs, commutateurs, coupe-circuits, etc.) des machines à coudre électriques, des radiateurs électriques, des magnétos et dynamos pour l'éclairage des voitures, et surtout une moulure métallique, qui, par son incombustibilité et son interchangeabilité, résoudra heureusement les difficultés sans nombre auxquelles se heurtent journellement nos installateurs électriciens.

La réputation de la maison assure un brillant avenir, en France, à tout ce matériel américain.

Japy frères et Cie. — Il y a 150 ans que le fondateur de la maison Japy créa à Beaucourt son petit atelier d'horlogerie. Le petit atelier est devenu aujourd'hui un vaste centre de fabrication comprenant 9 usines,

Digitized by Google

occupant 7000 ouvriers et embrassant de multiples branches industrielles, entre autres, le matériel électrique, les pompes, les moteurs à pétrole, à essence et à gaz, les machines agricoles, les machines à écrire.

Le matériel électrique Japy : moteurs, dynamos, appareillage, appareils de mesures, a acquis depuis longtemps une place très honorable sur le marché commercial et dans les fournituresde l'État.

La maison Japy a été l'une des premières à subvenir aux besoins de son personnel. A cet effet, elle a créé de nombreuses institutions : caisses de secours, caisses de retraites, coopératives, sociétés immobilières et surtout ses « parts de collaborateurs » qui font participer ses employés et ouvriers aux bénéfices.

La maison **Sautter Harlé** est l'une des plus anciennes parmi nos Sociétés de constructions électriques. En effet, sa création remonte à 1825, et d'année en année elle fut amenée, par ses développements successifs, à s'intéresser à plusieurs branches se rapportant à l'industrie, à la guerre et à la marine militaire.

Les établissements Sautter Harlé se sont acquis une renommée mondiale dans la construction de leurs phares et projecteurs; ils exposaient, à Lyon, un nouveau modèle de phare à miroirs métalliques qui est appelé à remplacer le système actuel employé le long de nos côtes.

Les turbo-alternateurs, dynamos, groupes électrogènes, compresseurs, appareils de levage, pompes centrifuges, sont d'une fabrication courante chez Sautter Harlé et leur construction est d'une précision remarquable.

Les **Établissements Delaunay-Belleville** exposent simplement une machine à vapeur à grande vitesse de 80 ch, un compresseur d'ammoniaque de 12 000 frigories, un moteur à huile lourde de 38 ch, un groupe électrogène et divers produits anti-friction.

L'exiguïté des stands n'a pas permis à la maison Delaunay-Belleville de montrer aux visiteurs les puissantes machines dont les établissements de Saint-Denis ne cessent d'alimenter toute usine de quelque importance.

La Société **Oerlikon** expose quelques modèles de son importante fabrication : moteurs continus et alternatifs, moteurs monophasés à collecteurs, perceuses électriques, ventilateurs, poêles électriques, cribles à sable, appareils pour l'aiguillage automatique des lignes de tramways, appareils destinés au chauffage des bandages de roues, etc.

Oerlikon fournit aussi, nos lecteurs ne l'ignorent pas, des turbines à vapeur et des locomotives électriques qui donnent pleinement satisfaction à la clientèle française et suisse.

Le stand de **M. Cadiot** contient : une machine à rectifier les collecteurs, des appareils de mesures électriques de haute précision Weston, du matériel de traction électrique pour lignes aériennes, des isolants et un moteur » Century » qui possède les propriétés suivantes : courant de démarrage très bas, couple de démarrage très fort, démarre comme les moteurs à répulsion, facteur de puissance très élevé, marche identique à celle du moteur d'induction.

La **Société générale des condensateurs électriques** expose plusieurs nouveaux modèles de condensateurs, remarquables par leur faible encombrement et par leur résistance à la haute tension.

Les concessionnaires de réseaux de distribution, les chefs de stations radiotélégraphiques ont, depuis longtemps, apprécié les merveilleuses qualités de ces condensateurs.

Le stand des **Établissements H. Pilon** contient le fameux tube « Coolidge » dont maintes applications ont été effectuées en France, des tubes à vide pour télégraphie et téléphonie sans fil, des détecteurs, émetteurs et soupapes.

Une spécialité de la maison H. Pilon est la radiométallographie, appareil destiné à l'examen interne des métaux par les rayons X. Plusieurs établissements métallurgistes emploient ce procédé et n'ont qu'à se louer des résultats obtenus.

Le **Matériel** lance les foyers incandescents « Quead ». Ce radiateur, en raison de la composition de sa résistance (terre réfractaire et alliage spécial) forme au passage du courant une masse incandescente et donne ainsi l'illusion d'un feu de coke. Ce dispositif permet une utilisation du rendement thermique supérieure aux procédés appliqués jusqu'à ce jour. La robustesse de son élément permet de le déplacer sans crainte de bris ni de détérioration.

La maison **Pétrier, Tissot et Raybaud**, déjà bien connue pour son petit appareillage électrique, douilles, griffes, interrupteurs, coupe-circuits, prises de courant, nous montre, dans ses stands, plusieurs modèles de son gros appareillage à basse tension, parmi lesquels nous avons remarqué plus spécialement ses démarreurs, disjoncteurs et interrupteurs, et de plus un tableau de distribution destiné à un laboratoire.

La maison Pétrier, Tissot et Raybaud expose aussi plusieurs modèles très intéressants de son appareillage à haute tension, parafoudres à cornes, sectionneurs, selfs, limiteurs de tension et coupe-circuits. Elle se propose de perfectionner cette dernière fabrication afin de pouvoir donner satisfaction aux nombreuses demandes de sa clientèle.

La maison **Patay**, de Lyon, expose plusieurs machines de séries normales retenant particulièrement l'attention par leur fini et leur robustesse. Des organes simples, judicieusement conçus et largement dimensionnés sans excès pour la partie mécanique de grandes capacités de surcharges, un rendement et un cos φ

Digitized by Google

élevés pour la partie électrique, assurent à cette construction une faveur marquée de la clientèle. Les établissements Patay construisent les génératrices à courant continu et alternatif, moteurs à courant continu et alternatif, transformateurs, moto-pompes, etc.

La **Société de Construction électrique** construit des moteurs triphasés de puissance moyenne. De plus elle procède à l'établissement de stations centrales, usines, postes de transformation, et fournit à sa clientèle l'appareillage à haute et basse tension, le matériel de traction, y compris les appareils de chauffage, radiateurs, chaufferettes, plaques chauffantes, etc.

Le stand de M. **J. Garnier** contient des compteurs de tout modèle, à courant continu et alternatif, horaires, des transformateurs de courant, des limiteurs de courant, appareils d'un emploi commun chez les abonnés de nos sociétés de distribution et dont le débouché est de ce fait considérable.

La maison **Trolliet frères** nous montre diverses applications intéressantes de l'électricité à la cuisine et à la salle à manger : « cheminées lumineuses » ayant une consommation de 600 w, réchauds, bouillottes, chauffe-plats, grille-pains, fers à repasser dont un ingénieux dispositif facilite l'isolement.

Le **Comptoir électro-industriel** (Heldt, Deydier et Cie) fabrique, à Lyon, douilles, griffes, appliques, raccords, etc., et représente, en France, plusieurs maisons d'appareillage électrique anglais comportant : démarreurs, interrupteurs, compteurs, etc.

Les ateliers **Julien frères et Prat**, de Lyon, se sont spécialisés dans la construction des moteurs de petites et moyennes puissances pour machines à coudre, ventilateurs, pompes, etc. La fabrication en séries, sans parler de la qualité des matériaux employés, leur permet ainsi de lutter avantageusement contre des concurrents plus puissants.

M. Bonnier, de Lyon aussi, construit, de même, des moteurs à courant continu et alternatif, mais possède, de plus, dans le stock de sa fabrication, alternateurs, transformateurs, commutatrices, groupes convertisseurs, etc.

Les Etablissements **Luc Court et Cie** fabriquent toute une série d'appareils de levage et de manutention qui sont d'une utilité incontestable dans n'importe quel atelier de mécanique, dans les aciéries, fonderies, chaudronneries : ce sont des palans électriques, transbordeurs, ponts roulants, cabestans, treuils, grues, désignés sous la marque « Erga ».

Les **Ateliers Électriques de Saint-Ouen** avaient exposé, dans les stands de Firminy, un modèle de leur matériel : moteurs, dynamos, transformateurs monophasés et triphasés, pompes, ventilateurs, etc.

Le stand de **L. H. Radiguet**, de Limoges, contient une exposition intéressante de porcelaines pour l'électricité.

Dans la section Câbles, nous remarquons les noms bien connus et justement réputés de **Geoffroy et Delore** et de **Berthoud, Borel et Cie**.

Il serait fastidieux de faire l'éloge des marques figurant à la classe des Accumulateurs, les batteries **Tudor, T. E. M., Heinz,** sont en application partout et nul n'ignore leurs qualités respectives.

La **Société Paul Gadot** n'était connue jusqu'à présent que par ses accumulateurs, la Foire de Lyon lui a permis de nous montrer les diverses fabrications qu'elle a été amenée à entreprendre pour satisfaire aux commandes de la T. M. et de l'industrie privée : interrupteurs, prises de courant, tableaux de commandes, avertisseurs lumineux, lampes de poche et décolletage.

* * *

Parmi les pays étrangers figurant à la Foire de Lyon, il importe de signaler tout particulièrement la Suisse. En raison de la proximité de ses frontières, en prévision aussi des débouchés importants en France qu'elle est en droit d'escompter pour ses produits après la guerre, l'industrie suisse a apporté une appréciable contribution à la manifestation économique de Lyon.

Il est à souhaiter que l'industrie française favorise, dès la fin des hostilités, l'importation du matériel de la Suisse romande, en reconnaissance des sentiments d'humanité et de générosité qu'elle ne cesse de témoigner à l'égard de nos malheureux prisonniers évacués d'Allemagne.

En dehors de la section horlogerie, dans laquelle la Suisse occupe naturellement une place prépondérante, le groupe Electricité englobe les maisons suivantes : Trub, Tauber et Cie, spécialisés dans la construction des appareils de mesures électriques; Weidmann, avec ses cartons isolants Presspan; Ateliers H. Cuénod, dont la fabrication d'appareils électriques et mécaniques est bien connue en France; Movo, Société de construction d'appareillage électrique, interrupteurs, disjoncteurs, limiteurs, etc.; Landis et Gyr, renommés pour leurs compteurs électriques; Gmur et Cie, spécialisés dans l'installation des moteurs destinés à la commande des machines pour imprimeries et tissages; Société Genevoise d'instruments de physique, avec ses compteurs électriques, ses machines à mesurer de haute précision et ses calibres de jauges; La Clématéine, société d'isolants et de plaques moulées pour l'électricité.

J. N.

Digitized by Google

Revues, analyses et informations

Les matières de remplacement pour l'électrotechnique en Allemagne.

Les notes sur ce sujet, parues dans les numéros de l'« Elektrotechnische Zeitschrift » des mois de novembre et décembre 1916 qui sont récemment parvenues à Paris, montrent que l'on souffre toujours en Allemagne (1) de la pénurie de certaines matières et que l'on cherche, par tous les moyens possibles, à les remplacer par d'autres que l'on peut plus facilement se procurer.

Le journal allemand parle à diverses reprises d'un « office chargé de la délivrance des métaux » (Metall Freigabestelle), qui est très probablement chargé d'autoriser, dans certains cas, les industriels à se servir de métaux spéciaux qui ont été recensés et laissés chez eux à la disposition de l'administration de la guerre.

D'après une note parue dans le numéro du 30 novembre, cet office a organisé, dans les bâtiments du jardin zoologique de Berlin, une exposition des divers matériaux de remplacement (Ersatzstoffen) que l'on peut utiliser à la place des matériaux à économiser (Sparstoffen). Il a été aidé dans l'organisation de cette exposition par les sociétés techniques suivantes : Office de renseignements et de répartition pour l'industrie de la brasserie; Office de renseignements et de répartition des métaux blancs, alliages de zinc et d'étain; Société des mineurs et des métallurgistes de la Haute Silésie; Union des électrotechniciens allemands; Société des maîtres de forges allemands; Société des ingénieurs allemands; Société des ateliers de construction de machines allemandes; Société pour les intérêts miniers du district de Dortmund.

Jusqu'ici 80 firmes ont participé à cette exposition; ce sont des entreprises électrotechniques, de construction de machines, de fabrication d'automobiles et de cycles, de spécialités pour la métallurgie, de construction d'appareils de mécanique et d'optique et des fabriques de tissus.

L'exposition sera ouverte pendant toute la durée de la guerre, et se développera peu à peu.

Pour pouvoir la visiter, il faut être muni d'une carte personnelle et le porteur de celle-ci doit s'engager, par écrit, de ne rien divulguer de ce qu'il a vu dans l'exposition et de n'utiliser les renseignements qu'il aura pu y recueillir que pour son usage particulier.

L'office chargé de la délivrance des métaux a fait paraître la circulaire suivante (numéro du 7 décembre) : « Comme actuellement on a besoin pour les fournitures de la guerre d'une quantité extraordinairement considérable de matières premières, il est nécessaire, toutes les fois que cela sera possible, de remettre à environ une demi-année, toute nouvelle installation.

» Le nombre des pièces de réserve doit être réduit à l'extrême.

» On ne doit poser sous tubes que les parties absolument nécessaires des nouvelles canalisations.

» On devra, dans les installations de répartition, n'utiliser qu'un seul système de barres générales, au lieu du double système généralement adopté; on devra renoncer à nombre d'interrupteurs de sectionnement, d'instruments enregistreurs, de compteurs pour le contrôle, etc... ; un seul interrupteur, au lieu de plusieurs placés les uns à la suite des autres, devra suffire pour une canalisation ; au lieu d'isoler l'extrémité demeurée libre d'une canalisation en coulant une grande quantité de matière de remplissage, une couche de vernis au cellon (acétate de cellulose) devra suffire. »

Pour remplacer le platine dans les contacts où il se produit des ruptures et où l'on craint des détériorations par les étincelles et les arcs, on peut utiliser un alliage d'argent et de palladium; (N° du 30 décembre.) On a obtenu de bons résultats avec un alliage ne contenant que 2 pour 100 de palladium; si le contact est exposé à l'action de vapeurs sulfureuses, il faut au moins 5 pour 100 de palladium.

L'alliage contenant 60 pour 100 de palladium et 40 pour 100 d'argent a donné les meilleurs résultats comme résistance à l'action des étincelles. Le point de fusion de l'alliage s'élève quand la proportion de palladium augmente, en même temps que la conductibilité calorifique diminue; grâce à la haute conductibilité calorique de l'argent, la chaleur due à la production des étincelles se dissipe assez vite pour qu'il n'y ait pas fusion.

On continue à remplacer, dans les enroulements des machines, le cuivre par du fer, du zinc et principalement de l'aluminium (1). Ce dernier semble avoir donné d'excellents résultats, d'après un article bibliographique paru dans le numéro du 30 novembre de l'« Electrotechnische Zeitschrift », au sujet d'un ouvrage du professeur R. Richter, sur les « Machines électriques avec enroulement en aluminium, en zinc et en fer ». (Vol. de 159 pages, in-8, 51 fig., paru dans la collection des « Actualités des sciences naturelles et de la technique », Vieweg et fils, éditeurs à Brunswick.)

Richter a comparé les diverses machines avec enroulements en aluminium, en zinc et en fer, à celles de même puissance, de même vitesse, du même nombre de pôles, du même nombre de rainures et surtout de même élévation de température, qui ont des enroulements en cuivre. A ce sujet, l'article bibliographique s'exprime de la manière suivante :

« Les résultats sont extraordinairement favorables avec l'aluminium; les dimensions principales sont à peine de quelques centièmes plus grandes qu'avec le cuivre; le rendement n'est guère diminué, le prix de revient (en admettant les prix de revient d'avant la guerre) est le même qu'avec le cuivre et même, dans certains cas, inférieur. Il est certain qu'après la guerre on continuera à employer l'aluminium dans certaines machines. Les résultats sont moins favorables pour le zinc et surtout pour le fer. »

F. Loppé.

(1) Voir à ce propos la *Revue générale de l'Electricité*, 13 janvier 1917, t. 1, p. 66.

(1) Au commencement de la guerre, l'aluminium était très rare en Allemagne et avait été réquisitionné. Il semble qu'on ait fondé depuis des fabriques d'aluminium. L'*Elektrotechnische Zeitschrift* du 23 novembre annonce que l'on exploite des gisements importants de bauxite dans le Vogelsberg (Hesse).

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

Assemblées générales

Société des produits azotés.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 27 OCTOBRE 1916.

La Société des produits azotés, pour faire face aux demandes des services de la Défense nationale, a fait fonctionner à leur plein rendement ses anciennes usines, et elle a dû en construire une nouvelle à Bellegarde qui a été mise en route au début du dernier exercice, en même temps qu'elle montait des fours électriques dans l'usine de Martigny pour la fabrication du carbure de calcium.

Le bilan, au 30 avril 1916, fait ressortir dans l'importance de l'actif une augmentation de 3 423 196 fr provenant, pour la plus grande partie, des immobilisations, notamment pour la construction de l'usine de Bellegarde, ainsi que des marchandises en magasins; au passif, l'augmentation est de 2 943 359 fr, le compte créditeurs divers ayant passé de 533 092 fr à 3 476 451 fr, les autres comptes étant sans changement.

Il en résulte que le produit net de l'exercice est de 479 837 fr, prélèvement fait des amortissements et réserves statutaires ainsi que du solde débiteur de l'exercice précédent (5 061 fr).

Le Conseil a décidé de répartir un dividende de 6 pour 100 aux actions privilégiées ainsi qu'aux actions ordinaires et de reporter à nouveau le solde créditeur de l'exercice, soit 7 891 fr.

BILAN AU 30 AVRIL 1916.

Actif.

	fr
Terrains	536 446,80
Bâtiments industriels	906 055,35
Habitations diverses	169 078,35
Machines et appareils	2 394 141,48
Brevets et procédés de fabrication	64 000 »
Achats de contrats de licences de 1906	126 696 »
Mobilier Paris et usines	1 »
Usine à sulfate et acide sulfurique	346 500,13
Usine de Bellegarde	1 800 343,91
Avances sur travaux neufs	111 694,15
Portefeuille	9 325 »
Caisses et banquiers	171 302,48
Débiteurs divers	870 406,59
Dépôts et cautionnements	15 736,65
Marchandises en magasins :	
Bellegarde	57 645,20
Notre-Dame	137 808,72
Martigny	121 319,31
Carbure	163 622,51
Bidons	182 073,50
Coke	583 146,80
Cyanamide en silos	303 495,70
	9 070 839,63

Passif.

	fr
Actions de priorité	3 676 250 »
Actions ordinaires	1 323 750 »
Comptes à régler	35 868,45
Réserve légale	14 550,35
Provision pour créance douteuse	100 000 »
Banquiers	1 065 004,55
Divers comptes créditeurs	2 366 519,25
Main-d'œuvre	8 394,05
Dividende 1912-1913	665,45
Profits et pertes	479 837,53
	9 070 839,63

Compagnie française des câbles télégraphiques.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 8 NOVEMBRE 1916.

Le compte de profits et pertes de l'exercice, se terminant au 31 décembre 1915, présente à son crédit, pour les recettes de trafic qui ont été de 9 847 599 fr une augmentation de 976 074 fr, pour les subventions et garanties de produits des réseaux qui ont été de 647 391 fr une augmentation de 21 506 fr; enfin, pour les produits divers qui ont été de 1 384 801 fr une augmentation de 551 078 fr.

Le solde bénéficiaire de ce compte, suivant arrêté ministériel du 20 septembre 1916, est de 3 368 247 fr. Conformément à la convention du 28 mars 1901, la répartition suivante a été décidée : après déduction de 168 412 fr pour la réserve légale, 4 pour 100 aux actionnaires, soit 537 020 fr, et le solde soit 2 662 815 fr pour deux tiers au remboursement aux avances de l'Etat et pour un tiers à alimenter le fonds de prévision.

La situation de trésorerie de la Compagnie se présente comme très bonne, car en présence d'exigibilités diverses s'élevant à 10 893 190 fr comprenant le bénéfice de l'exercice 1915, se placent des disponibilités pour une somme de 14 137 352 fr, soit une marge de plus de 3 000 000 fr dans lesquels figurent les 2 millions du fonds de garantie.

L'exercice en cours peut laisser espérer que des résultats analogues seront obtenus; les recettes ont, à certains moments, accusé une progression, et malgré certains frais de réparation dus à une interruption assez longue, cet exercice se soldera, sinon en excédent sur 1915, du moins avec des bénéfices à peu près égaux.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1916.

Actif.

	fr
Compte de premier établissement	53 809 050,86
Vapeur *Pouyer-Quertier*	700 000 »
Vapeur *Contre-Amiral-Caubet*	100 000 »
Vapeur *Edouard-Jéramec*	1 597 899,94
Immeubles	163 150,49
Mobilier stations	7 341,55
A reporter	55 377 442,84

Digitized by Google

Report	55 377 449,84
Câbles en stock et matières provenant de câbles dépouillés	2 064 016,55
Matériel de câbles (filins, bouées, etc.)	141 315,34
Prime de remboursement et frais d'émission des obligations	4 386 090,76
Espèces en caisse et chez les banquiers en France et à l'étranger	2 923 719,20
Valeurs en portefeuille	668 750 »
Fonds de prévision	2 365 748,78
Fonds de garantie	2 000 000 »
Caisse de retraites du personnel de la Compagnie	1 723 191,43
Effets à recevoir	61 162,82
Débiteurs divers	4 232 923,20
Cautionnement Câble transatlantique	202 650 »
Impôts à recouvrer sur actions et obligations	62 182,81
Comptes divers d'ordre et d'attente :	
Contre-partie de la créance de l'Etat français sur la Compagnie	3 414 667,49
Contre-partie de la créance du gouvernement de Curaçao sur la Compagnie	499 048,58
Créance de la Compagnie sur le gouvernement vénézuélien	66 231,04
Divers	199 673,91
Mobilier Paris	1 »
	80 288 815,75

Passif.

	fr
Capital-Actions	13 425 500 »
Capital-Obligations	40 095 000 »
Réserve par suite d'amortissement des obligations	10 418 721,11
Réserve pour amortissements divers	776 457,45
Réserve créée en vue de l'amortissement du matériel naval	700 000 »
Réserve spéciale	64 800 »
Réserve légale	235 411,09
Réserve pour le fonds de prévision	2 365 748,78
Réserve constituée en prévision de réparations des câbles reliant l'île de Curaçao	188 245,63
Réserve pour la caisse de retraites du personnel de la Compagnie	1 723 191,43
Effets à payer	26 778,20
Coupons à payer et obligations amorties à rembourser	1 665 513,23
Créditeurs divers	1 212 917,17
Comptes divers d'ordre et d'attente :	
Créance de l'Etat français sur la Compagnie	3 414 667,49
Créance du gouvernement de Curaçao sur la Compagnie	499 048,58
Contre-partie de la créance de la Compagnie sur le gouvernement vénézuélien	66 231,04
Divers	141 780,49
Profits et pertes :	
Report de l'exercice 1913	556,27
Exercice 1915	3 368 347,79
	80 288 815,75

Société d'électrométallurgie de Dives.

Assemblée générale ordinaire du 28 novembre 1916.

L'activité de la Société pendant cet exercice s'est portée presque entièrement sur les fabrications nécessaires à la Défense nationale, et les fournitures aux clients ont été extrêmement réduites. De nombreuses installations et transformations des usines et du matériel ont été effectuées pour répondre aux besoins de l'artillerie.

Le bénéfice brut de l'exercice a été de 8 180 011 fr sur lequel il a été prélevé 1 500 000 fr pour amortissement du compte de premier amortissement et 1 200 000 fr pour remise en état de l'outillage. Après déduction des charges et adjonction du report de l'exercice précédent, la somme nette disponible a été de 5 852 461 fr. Le Conseil a décidé de porter la réserve légale à son maximum, d'attribuer à la réserve extraordinaire une somme de 2 400 000 fr et de distribuer un dividende de 60 fr par action.

La comparaison des différents chapitres du bilan avec ceux de l'exercice précédent montre que les immobilisations, terrains, constructions et matériel sont en diminution de 532 921 fr; mais, par contre, les valeurs à réaliser sont en augmentation de 14 210 847 fr dont 10 997 290 fr aux marchandises par suite de l'augmentation du stock ainsi que de la hausse des matières, et 3 371 031 fr aux débiteurs divers en raison du développement des transactions de la Société.

Au passif, on remarque principalement que la réserve pour fluctuations des métaux a passé de 5 851 531 fr à 9 167 968 fr par suite de l'application des règles invariables d'établissement du bilan de la Société et que la provision pour remise en état des installations nouvelles n'ayant qu'une utilisation temporaire est augmentée de 1 200 000 fr.

Les autres postes du bilan n'appellent aucune observation spéciale.

Bilan au 30 juin 1916.

Actif.

	fr
Premier établissement : Terrains, constructions, matériel et adduction d'eau	15 559 182,69
Avances à divers sur travaux et marchés	37 155 »
Marchandises à l'usine, dans les dépôts et chez divers	23 187 567,49
Débiteurs divers	15 605 362,15
Cautionnements	75 142,90
Impôts à récupérer	97 204,16
Métaux bruts	7 637 958,05
Caisses, effets à recevoir, bons de la Défense nationale, banquiers	9 058 081,63
Titres et participations	473 267,40
	71 730 921,47

Passif.

	fr
Capital actions	20 000 000 »
Capital obligations hypothécaires 4 pour 100 restant en circulation (6 006)	3 003 000 »
Réserve légale	1 500 000 »
Réserve d'amortissement général du compte de premier établissement	6 747 500 »
Réserve extraordinaire	1 000 000 »
Réserve de fluctuation des métaux	9 167 968,02
Réserve d'amortissements pour risques et dépréciations pouvant résulter de la guerre	950 000 »
Réserve pour remise en état de l'usine, réfection de l'outillage et sa réappropriation aux fabrications commerciales	2 800 000 »
Effets à payer, fournisseurs et créditeurs divers	20 385 451,82
Coupons échus, obligations amorties et intérêts des obligations 4 pour 100 (1er semestre 1916)	342 540,61
Solde du compte de profits et pertes 1915	71 885,23
Solde du compte de profits et pertes 1916	5 780 575,79
	71 730 921,47

Compagnie l'Union des gaz.

Assemblée générale ordinaire du 15 décembre 1916.

Les résultats de l'exercice 1915-1916, soumis à l'Assemblée des actionnaires, font ressortir les difficultés qu'frappent les usines à gaz par suite de l'élévation constante des prix de revient alors que les prix de vente sont fixés

Digitized by Google

par des traités qui ne peuvent être dépassés qu'à la suite d'une entente avec les municipalités. L'Union des gaz a pu, en France, faire des arrangements à l'amiable dans la banlieue Ouest de Paris notamment, et à Beaucaire, Tarascon, Roanne, Cette, Frontignan.

En Italie, il est intéressant de noter que le gouvernement a pris en main la fixation des prix de vente du gaz et qu'il détermine tous les deux mois les majorations à appliquer.

Ces mesures n'ont eu cependant que peu d'influence sur le dernier exercice et devront surtout agir sur l'exercice en cours, ce qui permet d'espérer que les résultats pourront s'améliorer.

La marche des usines a, dans ces conditions, laissé une perte de 3 387 617 fr; la Compagnie a fait emploi de sa réserve spéciale de 5 600 000 fr pour compenser les pertes de l'exercice, et le compte profits et pertes se solde par un débit de 1 652 336 fr qui a été reporté à nouveau sans que le Conseil ait jugé nécessaire d'entamer la réserve statutaire, la crise étant considérée comme ayant atteint son point culminant.

BILAN AU 30 JUIN 1916.

Actif.

	fr
Etablissement :	
Total au 30 juin 1915	83 170 790,66
Nouveaux travaux de l'exercice 1915-1916	352 746,97
Canalisations et installations électriques revenant aux communes en fin de concession :	
Total au 30 juin 1915	536 126,81
Nouvelles installations de l'exercice 1915-1916	26 076,26
A reporter	84 085 740,70
Report	84 085 740,70
Appareils et installations en location	17 683 060,65
Fonds de roulement des usines	16 732 017,15
Travaux en cours	43 363,29
Valeurs diverses	668 725,85
Portefeuille et participations	12 169 085 »
Espèces en caisse et dans les banques	908 601,72
Débiteurs divers	3 774 872,12
Profits et pertes :	
Solde débiteur au 30 juin 1915	1 618 025,67
Report au 30 juin 1915	34 311,32
	137 717 803,47

Passif.

	fr
Capital actions	35 000 000 »
Obligations	30 650 395 »
Amortissement général :	
Total au 30 juin 1915	25 011 760,86
Amortissement de l'exercice 1915-1916	1 538 630 »
Amortissement des canalisations et installations électriques revenant aux communes en fin de concession :	
Total au 30 juin 1915	56 108,51
Amortissement de l'exercice 1915-1916	36 980,19
Amortissement des installations en location :	
Total au 30 juin 1915	10 033 657,69
Amortissement de l'exercice 1915-1916	855 169,53
Réserve statutaire	3 500 000 »
Réserve, risques maritimes et incendie	1 338 584,01
Créanciers divers	19 696 517,68
	137 717 803,47

Revues, analyses et informations

L'équipement électrique des houillères du Donetz.

Le perfectionnement de l'outillage des houillères du Donetz a été marqué, les dernières années, par le grand progrès de l'application de l'électricité. Gorno-Zavod-Skoïe Diélo (l'« Industrie minière et métallurgique »), bulletin des métallurgistes de la Russie méridionale, dans son numéro du 13 juillet dernier, publie sur ce sujet des données intéressantes.

D'après les tableaux I et II, on voit que ce progrès s'est traduit, non par l'accroissement du nombre d'installations, mais par l'augmentation de leur puissance. Le nombre de chaudières desservant les centrales électriques (206 en 1909 et 310 en 1914), ne montre pas la situation réelle de ces dernières, car certaines entreprises (11 en 1914) emploient pour leurs centrales la vapeur de la salle de chaudières commune, tandis que dans d'autres (4 en 1914) les chaudières appartenant aux centrales électriques fournissent aussi de la vapeur pour d'autres buts. En tout cas, il faut admettre que le nombre des chaudières résultant de l'enquête est inférieur à la réalité.

La surface de chauffe d'une chaudière s'est accrue pendant la période quinquennale de 1909 à 1914 de 86,3 m² à 118 m², c'est-à-dire de 36,5 pour 100. Cette augmentation de la puissance des chaudières a été suivie par celle de leur nombre, de sorte que la surface de chauffe par installation

TABLEAU I.

Le développement des installations électriques.

	1904	1909	1914
Nombre d'entreprises sur lesquelles l'enquête a été faite.	49	53	51
Nombre de générateurs électriques enregistrés	130	159	148
Nombre moyen de générateurs électriques par entreprise	2.7	3.0	2.9
Puissance moyenne d'un générateur en kw	49.9	144.0	368.7
Idem par rapport à 1904	1.0	2.9	7.4

s'est accrue, pendant cette période, de 336 m² à 718 m², c'est-à-dire de 113,4 pour 100.

Le nombre de moteurs électriques par entreprise a passé de 2,64 à 5,08 augmentant ainsi de 92,4 pour 100, tandis que la puissance de moteurs par entreprise s'est élevée de 634 ch à 1 520, c'est-à-dire de 140 pour 100. Pendant ce temps, la puissance moyenne du moteur électrique s'est élevée de 240,4 ch à 299,7, c'est-à-dire de 24 pour 100.

La puissance moyenne du générateur électrique, qui était de 144 kw en 1909, a atteint, en 1914, 368 kw, s'étant ainsi

Digitized by Google

Tableau II.

	1909	1915
Nombre d'entreprises	53	51
La production de ces entreprises en millions de tonnes	13,7	15,6
Nombre de chaudières	206	310
Surface de chauffe en m²	17 800	36 600
Moteurs électriques : nombre	140	259
Moteurs électriques : puissance en ch.	33 500	76 600
Générateurs électriques : nombre	159	148
Générateurs électriques : puissance en kw.	22 890	54 600
Puissance d'installation en kw par 10 000 t. extraites par année	16,85	34

accrue de 155 pour 100. La puissance totale par entreprise a passé de 432 kw à 1 070 kw, avec un accroissement de 147,7 pour 100.

De nombreuses entreprises ont changé le caractère de leur installation en remplaçant le courant continu par le

Tableau III.

Répartition des moteurs selon leur emploi.

	LA PUISSANCE DES MOTEURS PAR RAPPORT A LA PUISSANCE TOTALE DES MOTEURS EN %		LA PUISSANCE MOYENNE DES MOTEURS EN 1914 EN KW
	1909	1914	
Triage	7,8	5,9	24,1
Ventilation	16,4	13,4	42,4
Extraction	20,6	21,0	36,5
Tracteurs électriques		4,3	45,4
Pompes	37,9	35,2	50,3
Autres	17,3	30,2	24,7
	100 »	100 »	

courant alternatif, de sorte que le nombre des alternateurs s'est élevé pendant cette période de 60 à 86 ou de 33 pour 100, tandis que le nombre total de générateurs est, au contraire, tombé de 159 à 148.

Les tensions employées dans les entreprises sont de 200-300 v, 500-600 v, 3 000-4 000 v; la tension maximum est de 5 500 v. La puissance des installations par tonne extraite annuellement a plus que doublé.

Le tableau III donne une idée de l'emploi des moteurs et de leur puissance pour chaque genre de travail.

La production de la cyanamide en France et en Italie (1).

En Norvège de nombreuses usines se fondent pour la fabrication du carbure de calcium dont une bonne partie est destinée à être transformée en cyanamide, celle-ci devant être utilisée comme engrais sous forme de cyanamide huilée à 15-16 pour 100 d'azote, ou bien comme base de la fabrication du nitrate d'ammoniaque. Le type du genre est la combinaison de la Société norvégienne de l'azote qui produit de l'acide azotique synthétique à Notodden, puis du nitrate d'ammoniaque en transformant la cyanamide qui lui est fournie par les usines d'Odda. Ces nouvelles usines sont en construction et la plupart ne commenceront à fonctionner que dans le courant de l'année prochaine. Mais déjà les exportations de cyanamide de Norvège ont progressé de 22 111 t en 1913, à 24 787 t en 1915, avec 12 505 t pour le premier semestre de 1916. La Suède a exporté 16 553 t en 1915 et 9 847 t pour le premier semestre 1916. — En France, la cyanamide est, jusqu'à nouvel ordre, réservée exclusivement aux besoins de l'Etat et ne pourra être mise à la disposition de l'agriculture, ni en automne 1916, ni au printemps 1917. Les firmes françaises les plus importantes n'ont fait presque aucune fourniture de cyanamide pendant le premier semestre 1916. — En Italie, la production effective de cyanamide fut en 1914 d'environ 15 000 t, consommées sous forme de cyanamide. On produisit en outre environ 5 000 t qui furent transformées en sulfate d'ammoniaque. En 1915 la production atteignit 30 000 t environ, dont 28 000 furent consommées sous forme de cyanamide et le reste fut transformé en produits chimiques autres que le sulfate d'ammoniaque. Pour 1916, malgré l'augmentation des demandes de la part de l'agriculture, on prévoit une production inférieure à celle de 1915, si les matières premières (carbure) continuent à manquer. Pendant le premier semestre de 1916, on a atteint une production de 10000 t au maximum. Le prix de la cyanamide huilée à 15-16 pour 100 d'azote, franco gare destinataire, en sacs de 100 kg brut, a varié en Italie de 25 fr 50 en janvier 1916, à 29 fr 47 en août 1916.

(1) *Journal du Four électrique et de l'Electrolyse*, 15 novembre, 1er décembre 1916, p. 108-109, 400 mots.

Le Bureau commercial de l'armée d'Orient et l'extension économique française en Orient.

Pour faciliter les transactions avec la France, le général Sarrail a créé, sur l'initiative et sous la direction de l'intendant Bonnier, un Bureau commercial des importations françaises destiné à assurer la liaison entre notre industrie et le commerce macédonien.

Ce Bureau comprend trois services :

Le service de la correspondance. Les commerçants français lui font connaître les marchandises qu'ils peuvent expédier : le Bureau lui répond en lui indiquant les maisons sérieuses de la place pouvant s'intéresser à ses articles, en même temps qu'il avise ceux-ci de l'offre qu'il a reçue.

Le service des échantillons et catalogues. Dans une salle ouverte au commerce local se trouvent méthodiquement classés, par catégories d'articles, les adresses des maisons françaises, leurs échantillons et leurs tarifs.

Le service des renseignements commerciaux. Il fournit gratuitement aux commerçants français des renseignements sur les commerçants du pays.

Ajoutons que le Bureau se maintient en relation avec les Chambres de commerce françaises en envoyant chaque mois à celles-ci un bulletin commercial. De leur côté, plusieurs Chambres de commerce ont pris l'initiative de créer des Comités régionaux en relation directe avec le Bureau.

Les résultats de cette organisation sont déjà importants : le chiffre des importations françaises à Salonique s'est brusquement relevé depuis la création du Bureau et il dépasse aujourd'hui les trois quarts du total des importations par ce port. Ces résultats sont de nature à permettre les plus larges espérances sur l'extension économique de France en Macédoine et, par la Macédoine, dans tout l'Orient.

Digitized by Google

SECTION DE LÉGISLATION

Sur un projet de loi relatif au recensement industriel

Le Gouvernement a déposé, le 16 novembre 1916, un projet de loi ayant pour objet d'instituer le recensement du matériel industriel en vue de son utilisation après la guerre. Le but de ce projet est d'assurer à tous les ouvriers qui seront démobilisés une reprise, aussi rapide que possible du travail, d'éviter le chômage qui résulterait, d'une part, de la disparition ou de l'entretien insuffisant du matériel dans de nombreux ateliers, d'autre part, de l'arrêt des usines travaillant pour la guerre.

Le recensement prévu par le projet de loi ferait connaître les installations et les machines de chaque espèce, c'est-à-dire aptes au même résultat, au même travail, et composerait un catalogue détaillé des moyens de travail sur lesquels on peut compter. L'exposé des motifs ajoute que ce catalogue fournirait en même temps un aperçu des applications qu'envisagent les possesseurs de ces moyens; il signalerait les engins de toute sorte qui risquent de rester sans emploi et auxquels il faut assurer de nouvelles utilisations.

Le projet confie ce recensement aux soins du service de la Statistique générale de la France avec l'aide des différents Départements ministériels actuellement chargés à des titres divers du contrôle des établissements industriels.

La déclaration serait obligatoire et devrait être faite dans les trente jours de la publication d'un décret à intervenir pour déterminer la nature des machines, appareils et installations soumis au recensement. L'absence de déclaration ou la fausse déclaration entraînerait l'application de sanctions prévues à l'article 4 de la loi du 27 septembre 1915, qui a prescrit la déclaration des presses, des marteaux-pilons et des tours.

Le projet dont nous venons de rappeler les grandes lignes a été l'objet d'une étude de la Commission des Douanes et Questions économiques de la Chambre de commerce de Paris. Dans le rapport présenté au nom de cette Commission par M. Legouez, celui-ci, tout en reconnaissant la nécessité de réduire autant que possible la période transitoire qui succédera à l'état de guerre, estime que le recensement prévu ne constitue pas la meilleure méthode pour atteindre ce but. Beaucoup d'industriels ont déjà préparé les mesures qui leur permettront de travailler sans interruption; pour ceux-ci le recensement est inutile. D'autre part, un recensement général entraînerait une lourde organisation administrative dont les frais seraient considérables; encore y a-t-il lieu de craindre que les agents chargés de ce travail ne puissent le faire avec la compétence désirable : deux tours de même diamètre et de même longueur ne peuvent pas toujours se remplacer; leur vitesse, leur précision, leur état d'usure sont des données indispensables au choix du praticien, mais qui pourront échapper au statisticien.

D'ailleurs, la question principale qu'il s'agit de résoudre est la suivante : un industriel désirant entreprendre une fabrication déterminée devra pouvoir se rendre compte rapidement s'il lui est possible de se procurer immédiatement des machines déjà usagées et inutilisées ou s'il lui faut commander un outillage neuf dont les délais de livraison seront nécessairement très longs. Présentée ainsi, la question devient analogue à celle du placement de la main-d'œuvre et comporte par suite la même solution : création d'un ou plusieurs bureaux ou offices de placement. Toutefois, pour que de tels offices rendent leur plein effet, il faut qu'ils soient gérés sans esprit de lucre et par des hommes particulièrement compétents. Les grandes organisations patronales, les unions, les syndicats professionnels sont tout désignés pour remplir ce rôle.

Pour ces divers motifs, la Commission des Douanes et des Questions économiques conclut par les propositions suivantes : « Émettre l'avis qu'il serait aussi coûteux que peu utile de procéder à un recensement général de tout le matériel industriel, et, d'autre part, émettre le vœu que les organisations, unions et syndicats professionnels soient invités et aidés à créer par groupes de profession des offices de placement du matériel disponible. » Ces conclusions ont été adoptées par la Chambre de commerce de Paris dans sa séance du 14 février dernier.

Législation, jurisprudence, réglementation

Organisation du crédit au petit et au moyen commerce, à la petite et à la moyenne industrie.

Le « Journal officiel » du 1er mars 1917, annexe 2993, séance de la Chambre des députés du 13 février 1917, contient le rapport fait au nom de la Commission du commerce et de l'industrie chargée d'examiner le projet de loi adopté par la Chambre des députés, adopté avec modifications par le Sénat, ayant pour objet l'organisation du crédit au petit et au moyen commerce, à la petite et à la moyenne industrie par M. Landry, député.

M. Landry rappelle que ce projet de loi, adopté par la Chambre le 19 mars 1914, a été soumis au Sénat qui a adopté les titres I et II relatifs au crédit à court terme, mais a disjoint les titres III et IV relatifs au crédit à long

Digitized by Google

terme, dans le but de les perfectionner et de les adapter aux circonstances nouvelles qui diffèrent profondément, du fait de la guerre, des conditions existant lors de l'adoption par la Chambre du projet primitif.

Le rapporteur émet l'avis que la réforme proposée sera féconde et propose un nouveau projet de loi.

Le « Journal officiel » du 6 mars 1917, annexe 3033, séance de la Chambre des députés du 22 février 1917, donne également l'avis présenté au nom de la Commission du budget sur le même projet par M. Louis Dubois (Seine), député.

M. Louis Dubois espère que le gouvernement ne perdra pas de vue cette importante question et s'efforcera de présenter un nouveau projet ayant pour objet l'organisation du crédit à long terme pour le commerce et l'industrie. Il se range aux conclusions de la Commission du commerce et de l'industrie formulées dans le rapport de M. Landry et émet un avis favorable à l'adoption du nouveau projet de loi.

Un nouveau projet a été élaboré et adopté par la Chambre des députés et le Sénat, et la loi ayant pour objet l'organisation du crédit au petit et moyen commerce à la petite et moyenne industrie, a été promulguée par le Président de la République, le 13 mars 1917, et publiée dans le « Journal officiel » du 16 mars 1917, p. 2089.

Cette loi contient trois titres : le titre premier est relatif aux sociétés de caution mutuelle et à leurs statuts; le titre II aux banques populaires et aux conditions qu'elles doivent remplir ; le titre III, aux dispositions générales qui prescrivent que les sociétés devront être constituées sous le régime des lois françaises, que les souscripteurs du capital et les administrateurs devront être français, et que les sociétés seront soumises aux vérifications des agents de l'enregistrement.

Loi relative aux mesures à prendre pour protéger contre l'alcoolisme les ouvriers et employés occupés dans les établissements soumis au code du travail.

Le « Journal officiel » du 8 mars 1917 publie, p. 861, la loi suivante promulguée par le Président de la République, le 6 mars 1917.

ARTICLE PREMIER. — Il est inséré dans le livre II du code du travail et de la prévoyance sociale un article 66 B ainsi conçu :

« *Art. 66 B.* — Il est interdit à toute personne d'introduire ou de distribuer et à tout chef d'établissement, directeur, gérant, préposé, contremaître, chef de chantier et en général à toute personne ayant autorité sur les ouvriers et employés, de laisser introduire ou de laisser distribuer dans les établissements visés à l'article 65 du livre II du code du travail et de la prévoyance sociale, pour être consommées par le personnel, toutes boissons alcooliques autres que le vin, la bière, le cidre, le poiré, l'hydromel non additionnés d'alcool.

« Il est interdit à tout chef d'établissement, directeur, gérant, préposé, contremaître, chef de chantier et en général à toute personne ayant autorité sur les ouvriers et employés, de laisser entrer ou séjourner dans les établissements visés à l'article 65 du livre II du code du travail et de la prévoyance sociale, des personnes en état d'ivresse. »

ART. 2. — Il est ajouté à l'article 173 du livre II du code du travail et de la prévoyance sociale un alinéa ainsi conçu :

« Sont soumis aux mêmes pénalités, et dans les mêmes conditions, tous ceux qui ont contrevenu aux dispositions de l'article 66 B du présent livre. »

La présente loi, délibérée et adoptée par le Sénat et par la Chambre des députés, sera exécutée comme loi de l'Etat.

Décret relatif à une Convention entre la France et la Suède pour la protection réciproque en Chine des marques de fabrique, etc.

Le « Journal officiel » du 20 mars 1917 publie, p. 2213, le décret suivant portant promulgation de la Convention signée à Paris, le 31 janvier 1916, entre la France et la Suède pour la protection réciproque en Chine des marques de fabrique, brevets, dessins et droits d'auteur, et dont nous reproduisons ici la teneur :

ARTICLE PREMIER. — Les inventions, dessins et marques de fabrique dûment patentés ou enregistrés par les citoyens ou sujets de l'une des hautes parties contractantes à l'office compétent de l'autre partie contractante auront, dans toutes les parties de la Chine, la même protection contre toute contrefaçon de la part des citoyens ou sujets de cette autre partie contractante que sur les territoires et possessions de cette autre partie contractante.

ART. 2. — Les citoyens ou sujets de chacune des deux autres parties contractantes jouiront en Chine de la protection des droits d'auteur pour leurs ouvrages de littérature et d'art aussi bien que pour leurs photographies, dans la mesure où ils sont protégés sur les territoires et possessions de l'autre partie.

ART. 3. — Dans le cas de la contrefaçon en Chine, par tout citoyen ou sujet de l'une des deux hautes parties contractantes, d'une invention, d'un dessin, d'une marque de fabrique quelconque, ou de la violation de droits d'auteur jouissant de la protection en vertu de la présente Convention, la partie lésée aura, devant les tribunaux nationaux ou consulaires compétents de cette partie contractante, les mêmes droits et recours que les citoyens ou sujets de cette partie contractante.

ART. 4. — Chacune des hautes parties contractantes s'engage à étendre à la Chine le traitement dont jouissent les citoyens ou sujets de l'autre partie contractante, en matière de protection des noms commerciaux, sur les territoires et possessions de cette partie contractante en vertu de la Convention concernant la protection de la propriété industrielle, signée à Paris le 20 mars 1883, et de l'acte additionnel, modifiant ladite Convention, signé à Bruxelles, le 14 décembre 1900.

ART. 5. — Il est mutuellement convenu entre les hautes parties contractantes que les effets de la présente Convention seront étendus, dans la mesure où elle est applicable, à tout autre pays où chacune d'elles aurait des droits de juridiction extraterritoriale.

ART. 6. — La présente Convention sera ratifiée et les ratifications en seront échangées à Paris le plus tôt possible. Elle entrera en vigueur dix jours après l'échange des ratifications.

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

1re Année. — Tome I. — N° 14. — 7 Avril 1917.

Chronique. — Obsèques d'Emile Harlé. — L'enseignement technique supérieur. — Nécrologie : Paul Petit. — Un moyen de régulariser la charge des usines génératrices d'électricité, p. 521 et 522.

Section scientifique et technique. — Calcul pratique des lignes de transmission d'énergie électrique, par B. Guerschinovitch, p. 523. — Revues, analyses et informations : Système de commande à distance pour laboratoires d'essais électriques, p. 531.

Section industrielle. — Application de transformateurs-suceurs à la ligne électrique à courant monophasé de Perpignan à Villefranche de la Compagnie des chemins de fer du Midi (*suite et fin*), par Ch. Dachary, p. 535. — Organisation moderne d'une entreprise de construction de petit matériel électrique, par Emile Girardeau, p. 546. — Revues, analyses et informations : Les difficultés mécaniques dans l'évolution de la turbine à vapeur, p. 556.

Section économique et financière. — Assemblées générales : Compagnie française d'éclairage et de chauffage par le gaz, p. 557. — Revues, analyses et informations : La dénonciation des traités de commerce italiens, p. 557; L'industrie électrochimique de la Norvège, p. 558; Les mines françaises et la guerre, p. 559.

Obsèques d'Emile Harlé. — Samedi dernier ont eu lieu, au temple de la rue Cortambert, les obsèques d'Emile Harlé, ancien ingénieur des Ponts et Chaussées, ancien président de la Société internationale des Electriciens, ancien président du Syndicat professionnel des industries électriques, associé gérant de la maison Harlé et Cie. A l'issue de la cérémonie des allocutions ont été prononcées par les présidents des nombreux groupements dont M. Harlé faisait partie : Syndicat professionnel des industries électriques, Société internationale des Electriciens, Société d'encouragement pour l'Industrie nationale, Comité permanent de l'Électricité, Association des anciens élèves de l'École des Ponts et Chaussées, etc, ainsi que par M. Jean Rey, gérant de la maison Harlé et Cie.

Dans un prochain numéro, la « Revue générale de l'Électricité », par la plume autorisée de M. André Blondel, rendra hommage aux mérites techniques, aux qualités organisatrices et aux vertus civiques de cet ingénieur qui fut en même temps un grand industriel et un homme de bien. Elle adresse aujourd'hui à sa famille l'expression de ses vives condoléances.

L'enseignement technique supérieur. — Nous avons signalé, dans le numéro du 3 mars 1917 de la « R. G. E. », que la Société des Ingénieurs civils étudiait, avec beaucoup d'attention, le problème des réformes à apporter à l'enseignement technique supérieur, et nous avons résumé rapidement les diverses communications qui lui avaient été faites à ce sujet. La séance du 30 mars 1917 de cette Société a été consacrée à la suite de la discussion.

M. Fayolle pose tout d'abord la question en étudiant ce qu'il appelle la capacité des agents des diverses industries et il fait remarquer que la capacité technique est la capacité principale des agents inférieurs, tandis que celle des agents supérieurs est la capacité administrative, ces agents ayant surtout à prévoir, veiller et contrôler. Il en découle que, les élèves des grandes écoles étant destinés à faire des chefs d'industries, il est nécessaire de créer dans ces écoles un cours d'administration de douze leçons environ, et un cours commercial. Ces cours permettraient aux jeunes ingénieurs de débuter plus facilement dans l'industrie. M. Fayolle examine ensuite la question de la préparation aux grandes écoles et de la durée des études dans ces écoles. Il est d'avis qu'en quatre ans on doit faire un ingénieur d'un élève qui vient de passer son baccalauréat. Pour cela, il faudrait réduire les cours préparatoires et les cours de l'école elle-même, en supprimant tout ce qui est inutile et, en particulier, en diminuant les cours de mathématiques supérieures, car, en effet, il y a peu de choses dans ces cours qui soient utilisées dans l'industrie et l'abus des mathématiques est nuisible à la santé physique et morale des jeunes gens et en abrutit littéralement un assez grand nombre, sans augmenter la valeur personnelle des autres. M. Fayolle résume ses idées sur l'enseignement technique supérieur en disant que l'on doit : 1° réduire les cours de mathématiques au strict minimum ; 2° limiter à quatre ans la durée totale des études techniques ; 3° créer un cours d'administration ; 4° créer un cours de commerce, finances et comptabilité ; 5° veiller à la culture générale et à la vigueur physique des élèves ; 6° augmenter le travail manuel. Cela fait, il serait nécessaire de créer pour les ingénieurs ayant déjà pratiqué l'industrie, un cours de perfectionnement analogue à l'École Supérieure de Guerre, où ils viendraient, pendant un temps relativement court, se mettre au courant de toutes ces nouveautés techniques.

M. Lemoine, inspecteur général des ponts et chaussées, ne s'occupe que des réformes à apporter à la classe de mathématiques spéciales dont le programme est trop chargé. Il en explique les causes : réduction à un an de la durée des études aux Écoles d'Application de l'Artillerie à Fontainebleau et du Génie à Versailles, qui a nécessité un décalage de l'enseignement à l'École Polytechnique et dans la classe de mathématiques spéciales, cette dernière ayant supporté à

Digitized by Google

peu près seule les conséquences de la modification apportée; avance trop considérable de l'époque des examens, ce qui force à voir le programme si rapidement que les élèves n'ont pas le temps de digérer; et, enfin, l'introduction de professeurs de facultés dans le conseil de perfectionnement de l'École Polytechnique. M. Lemoine propose les remèdes suivants : revision des programmes par des ingénieurs et non par des professeurs et retard de l'époque des examens.

M. Couriot, ancien président de la Société, arrive aux mêmes conclusions que M. Guillet. Pour lui, l'ingénieur sortant de l'École doit posséder de bonnes connaissances générales et de sérieuses connaissances techniques générales; la spécialisation viendra après. Les grandes écoles devraient ouvrir certains de leurs cours techniques à tous ceux qui voudraient approfondir leurs connaissances dans la matière enseignée. Il est certain qu'il faudrait alors augmenter les locaux; d'autre part, il serait nécessaire de créer des laboratoires très bien montés, tout cela coûterait de l'argent et nécessiterait le transport des écoles dans la banlieue. Le gouvernement et les industriels devraient contribuer à ces dépenses, car il y va de l'avenir de l'industrie française. M. Couriot estime que les programmes doivent être allégés, la durée des études depuis la deuxième partie du baccalauréat jusqu'au diplôme d'ingénieur, réduite à cinq ans au plus et qu'on doit s'efforcer à faire raisonner les élèves et non à les faire répéter comme des perroquets. Vis-à-vis du recrutement des élèves, des grandes écoles, M. Couriot pense que le concours est obligatoire quand le nombre de places est limité et le nombre de candidats grand, il faut bien éliminer. Mais il n'est vraiment pas logique de briser la carrière d'un jeune homme en le collant sur des questions de mathématiques supérieures qui n'ont, le plus souvent, aucun rapport avec la carrière qu'il désire embrasser; il serait plus équitable de procéder comme en Belgique où le candidat ne subit un concours qu'à la fin de ses études et sur les matières de la carrière dans laquelle il veut entrer. Le choix du corps enseignant est particulièrement délicat et, pour M. Couriot, on ne doit choisir que des professeurs possédant la pleine connaissance de leur métier et éviter les jeunes professeurs sortant des écoles qui ne font que répéter le cours qu'ils viennent eux-mêmes d'apprendre, sans y faire la moindre addition personnelle. M. Couriot fait aussi allusion aux services que pourrait rendre le cinématographe dans l'enseignement technique. Il expose ensuite des critiques fort justes contre le projet déposé devant le Sénat par l'honorable M. Goy et lui reproche d'être un projet de destruction et non de réorganisation. M. Couriot termine en demandant la création de cours de perfectionnement pour les jeunes ingénieurs et leur conseille, à la sortie de l'école, de se faire inscrire dans deux sociétés, l'une d'ingénieurs de toutes professions, l'autre d'ingénieurs de sa spécialité et de s'abonner à deux journaux, l'un de technique générale, l'autre de technique spécialisée.

Nécrologie : Paul Petit. — Aux nécrologies déjà publiées il nous faut aujourd'hui ajouter celle de Paul Petit, ingénieur à la Société Schneider et Cie, dont nous avons tardivement appris le décès.

Né à Troyes le 24 août 1860, Petit entra à l'École centrale en 1880.

A sa sortie de cette école, il resta, pendant quelques années, à chercher sa voie. On le trouve de 1885 à 1887 ingénieur aux Papeteries de Moufourat (Gironde), de 1887 à 1888, aux ateliers de Montreuil-sous-Bois, en 1889 au laboratoire Meunier, de 1890 à 1895 à la Société d'Éclairage électrique. C'est dans cette dernière société que, ayant trouvé l'emploi de ses facultés et de ses aptitudes, il s'attacha à l'électricité et à ses applications.

Entré en 1895 à la Société Schneider et Cie, où il devait terminer trop tôt une carrière bien remplie, Petit est successivement affecté aux divers services électriques, puis au bureau technique des mines et de la métallurgie de cette société. Il devient ensuite chef du Secrétariat du Siège social, à Paris, puis il passe au Service du contrôle technique où il cumule ses fonctions avec celles de secrétaire de la Société normande de métallurgie. C'est dans ce poste important que le surprend la mobilisation.

Pendant cette active période de dix années, Petit a collaboré à de nombreux et importants travaux, parmi lesquels figurent les installations électriques du Métropolitain, celles des Grands magasins du Printemps, de la Société parisienne de distribution de l'air comprimé et enfin des diverses expositions du Creusot à l'étranger. C'est à l'occasion de l'Exposition de Bruxelles qu'il fut fait chevalier de la Légion d'honneur.

Depuis l'ouverture des hostilités, Petit eut la douleur de perdre la dévouée compagne de sa vie, prématurément enlevée à l'affection de son mari et de ses enfants. Ce fut un coup terrible pour sa santé déjà bien chancelante, minée par une maladie qui ne pardonne pas. Désormais sans illusion sur les chances qu'il pouvait avoir de se rétablir, il avait eu subitement la vision d'une longue route encore ouverte devant lui et qu'il ne se sentait plus la force de parcourir. Résigné, c'est avec une calme sérénité qu'il envisageait l'avenir : il avait tacitement accepté l'inévitable. Il s'est éteint le 17 février 1917.

Un moyen de régulariser la charge des usines génératrices d'électricité. — Dans les nombreuses discussions soulevées par les partisans et adversaires de la journée de huit heures de travail les premiers ont souvent fait observer que, 8 étant sous-multiple de 24, la journée de huit heures permettrait, par l'emploi de trois équipes se succédant, d'utiliser d'une manière ininterrompue, le matériel mécanique des usines; de cette meilleure utilisation du matériel résulterait nécessairement une diminution notable des charges provenant des intérêts du capital de premier établissement et, conséquemment, une diminution du prix de revient des objets fabriqués.

Pour les usines génératrices d'électricité l'adoption générale de la journée de huit heures aurait un autre avantage des plus importants : celui de régulariser la puissance qu'elles ont à fournir pour les applications mécaniques de l'électricité. Et comme ces usines se trouvent déjà, de par la nature même de leur clientèle, obligées de fonctionner jour et nuit, il n'est pas douteux que, comme le faisait remarquer C.-P. Steinmetz dans une interview publiée dans le « Scientific American » du 2 décembre, cette régularisation du facteur de charge n'entraine une diminution notable du prix de production de l'énergie électrique.

Pour se rendre exactement compte de cette diminution, il conviendrait toutefois de la chiffrer en prenant quelques exemples d'application pratique. Peut-être se trouve-t-il parmi nos lecteurs quelque ingénieur ayant déjà fait ce calcul ou disposé à l'entreprendre. Dans ce cas, la « Revue générale de l'Électricité » publierait volontiers les résultats de son étude.

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

Calcul pratique des lignes de transmission d'énergie électrique

Quand on établit un projet de transport d'énergie électrique, on doit toujours calculer la section des conducteurs, non d'après la charge actuelle, mais en tenant compte des augmentations ultérieures dont cette charge est susceptible. Autrement dit, la section doit être prévue très large pour la demande présente et suffisante pour l'augmentation probable. L'auteur développe une méthode de calcul de la section en prenant comme exemple une transmission triphasée. Il détermine d'abord la section minimum S_m compatible avec une puissance déterminée W; puis il calcule une section S_p liée à la première par la relation $S_p = n\,S_m$; n est un facteur qui tient précisément compte des conditions pratiques et économiques de la section. Les transmissions par courant monophasé ou par courant continu se déduisent très facilement du cas traité et les abaques intercalés dans le texte leur sont applicables.

En général, quand on veut transporter une certaine puissance, pour calculer la section du fil, on se donne une perte de tant pour 100 de la puissance ou de la tension.

Mais, en établissant le projet d'un poste de transformation et des lignes, il arrive qu'on ne tient pas suffisamment compte de l'accroissement ultérieur de la charge.

Il en résulte souvent dans la suite de gros ennuis dont les causes sont :

1° Impossibilité de la transmission ;

2° Chute de tension anormale.

La section du fil étant déterminée, il est intéressant de voir quelle est la puissance maximum qu'on peut transporter avec le fil de section adoptée et une ligne de longueur donnée.

Possibilité d'une transmission. *Courant triphasé.* — Supposons que toute la charge est à l'extrémité ; soit :

W, puissance à transmettre ;

R, résistance d'une ligne simple ;

I, intensité du courant ;

$\cos\varphi$, cosinus de l'angle de déphasage au départ ;

e, chute de tension ;

P, puissance au départ.

On peut écrire la relation : $P - 3RI^2 = W$, ou :

$$UI\sqrt{3}\cos\varphi - 3RI^2 = W,$$

$$3RI^2 - UI\sqrt{3}\cos\varphi + W = 0;$$

d'où :

$$I = \frac{U\cos\varphi}{2\sqrt{3}R} \pm \sqrt{\frac{U^2\cos^2\varphi}{12R^2} - \frac{W}{3R}}.$$

Il y a trois cas à considérer :

1° $$\sqrt{\frac{U^2\cos^2\varphi}{12R^2} - \frac{W}{3R}} > 0.$$

La transmission est possible

2° $$\frac{U^2\cos^2\varphi}{12R^2} - \frac{W}{3R} < 0.$$

La transmission est impossible pour :

$$W > \frac{U^2\cos^2\varphi}{4R}$$

3° Cas limite :

$$\frac{U^2\cos^2\varphi}{12R^2} - \frac{W}{3R} = 0, \quad \text{d'où} \quad W_{\text{maximum}} = \frac{U^2\cos^2\varphi}{4R} \qquad (1)$$

Dans ce cas :

$$I_{\text{maximum}} = \frac{U\cos\varphi}{2\sqrt{3}R} \qquad (2)$$

Puissance au départ :

$$P = UI\sqrt{3}\cos\varphi = U\frac{U\cos\varphi}{2\sqrt{3}R}\sqrt{3}\cos\varphi = \frac{U^2\cos^2\varphi}{2R} = 2W \qquad (3)$$

Si N_m = les pertes dans la ligne qui sont (de 100 pour 100), on a : $N_m = W$.

En prenant le cosinus de l'angle de déphasage à l'arrivée égal à celui au départ, la chute de tension est donnée par la formule :

$$e = \frac{RI\sqrt{3}}{\cos\varphi}$$

d'où, en remplaçant I par sa valeur tirée de (2),

$$e = R\frac{U\cos\varphi}{2\sqrt{3}R}\cdot\frac{\sqrt{3}}{\cos\varphi} = \frac{U}{2}.$$

La chute de tension est de 100 pour 100 (relative à la tension à l'arrivée).

Digitized by Google

Courant monophasé. — On aura :

$$UI\cos\varphi - 2RI^2 = W,$$
$$2RI^2 - UI\cos\varphi + W = 0;$$

d'où :

$$I = \frac{U\cos\varphi}{4R} \pm \sqrt{\frac{U^2\cos^2\varphi}{16R^2} - \frac{W}{2R}}$$

1° $$\frac{U^2\cos^2\varphi}{16R^2} - \frac{W}{2R} > 0.$$

La transmission est possible.

2° $$\frac{U^2\cos^2\varphi}{16R^2} - \frac{W}{2R} < 0.$$

La transmission est impossible pour une puissance :

$$W > \frac{U^2\cos^2\varphi}{8R}$$

3° $$\frac{U^2\cos^2\varphi}{16R^2} - \frac{W}{2R} = 0.$$

Dans ce cas limite :

$$W_{\text{maximum}} = \frac{U^2\cos^2\varphi}{8R}; \quad I_{\text{max.}} = \frac{U\cos\varphi}{4R};$$

$$P_{\text{départ}} = 2W; \quad e = \frac{U}{2}.$$

On voit que la puissance maximum, dans le cas d'un courant triphasé, est double de celle qu'on peut transporter avec le courant monophasé de même tension, tandis que les pertes dans le cas limite sont les mêmes :

Exemple n° 1. — La ligne Aigues-Mortes-Peccais a une longueur de 10,5 km, courant triphasé ; la section $S = 9$ mm² ; $\cos\varphi = 0{,}75$; la tension composée $U = 3000$ v (au départ).

La résistance de la ligne (simple)

$$R = 0{,}018\,\frac{l}{S} = 21 \text{ ohms.}$$

La puissance maximum qu'on peut transporter est :

$$W_{\text{max.}} = \frac{U^2\cos^2\varphi}{4R} = \frac{\overline{3000}^2 \cdot \overline{0{,}75}^2}{4.21} = 60{,}25 \cdot 10^3 \text{ watts.}$$

$$W_{\text{max.}} = 60{,}25 \text{ kw.}$$

$$I_{\text{maximum}} = \frac{U\cos\varphi}{2\sqrt{3}R} = \frac{3000 \cdot 0{,}75}{2\sqrt{3} \cdot 21} = 31 \text{ A.}$$

La chute de tension $e = \frac{U}{2} = 1500$ v.

Les pertes en ligne $3RI^2 = 60{,}25$ kw.

La charge, qui était petite quand la ligne a été construite, a augmenté considérablement en peu de temps. Le 1er août 1916 la charge était :

50 kw au bout de la ligne,
50 kw dans différents points de la ligne.
Total ... 100 kw

On s'est vu obligé de renforcer la section. Les courbes de la figure 1 se rapportent à l'ancienne ligne Aigues-Mortes-Peccais de 9 mm² de section.

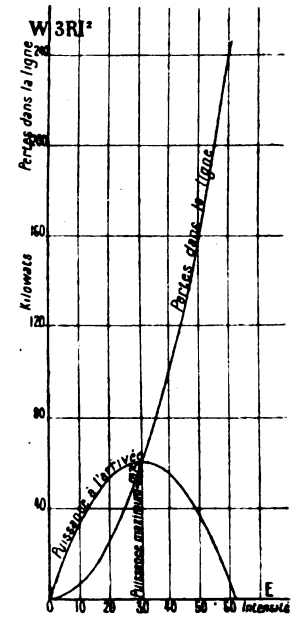


Fig. 1. — Courbes des puissances à l'arrivée et des pertes en lignes relatives à l'ancien réseau Aigues-Mortes-Peccais.

Les courbes construites sont :

(4) $W = UI\sqrt{3}\cos\varphi - 3RI^2$ (puissance à l'arrivée).
$N = 3RI^2$ (pertes dans la ligne).

Pour mieux se rendre compte, on peut transformer l'équation (4) comme il suit :

$$W + 3RI^2 - UI\sqrt{3}\cos\varphi = 0.$$

$$\left(\sqrt{W}\right)^2 + \left[I\sqrt{3R} - \frac{U\cos\varphi}{2\sqrt{R}}\right]^2 = \left(\frac{U\cos\varphi}{2\sqrt{R}}\right)^2;$$

c'est l'équation d'un cercle dont le rayon

$$r = \frac{U\cos\varphi}{2\sqrt{R}}$$

représente la racine carrée de la puissance maximum W_m en watts. En remplaçant les lettres par leur valeur et multipliant par 10^{-3} on trouve :

$$\sqrt{W_m} = 7{,}75 \text{ kw,}$$

d'où :

$$W_{\text{max.}} = 60{,}25 \text{ kw.}$$

En effet, pour que la puissance à l'arrivée soit plus grande que $W_{\text{max}} = 60{,}25$, l'intensité doit être $> I_{\text{max.}}$

Digitized by Google

Pour une intensité $I > I_{max}$ la différence entre la puissance au départ et les pertes diminue considérablement, elle est $< W_{max} = 60{,}25$ kw.

Du reste, la partie de la courbe correspondant aux valeurs $I > I_{max}$ n'existe que dans le cas d'un court-circuit franc à l'extrémité de la ligne ou, parfois, d'un court-circuit non franc.

Calcul des lignes. *Courant triphasé.* — La relation (1) $W = \frac{U^2 \cos^2 \varphi}{4R}$ permet de calculer pour différents cas la section du fil. Remplaçons-y R par sa valeur

$$R = \rho \frac{l}{S};$$

il vient

$$W = \frac{U^2 \cos^2 \varphi}{4 C 10^3} \cdot \frac{S}{l} \text{ kw.}$$

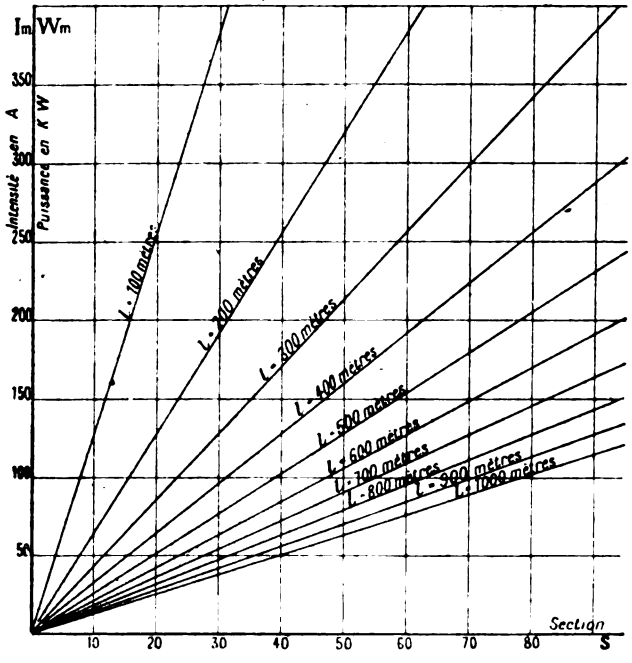
Posons

$$\frac{U^2 \cos^2 \varphi}{4 \rho 10^3} = A;$$

on a

$$W = A \cdot \frac{S}{l} \text{ en kw.} \qquad (5)$$

1° *On veut transporter une puissance W donnée à une tension U constante.* — Pour une longueur donnée,



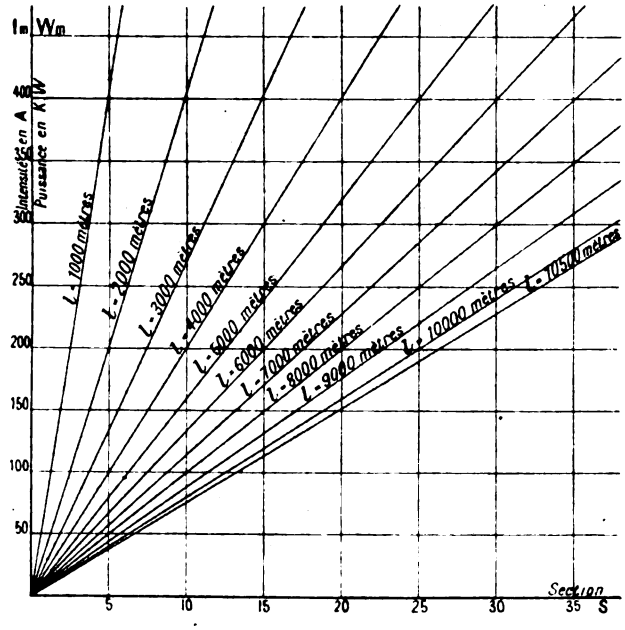


Fig. 2 et 3. — Abaques donnant la section minimum S_m en fonction de la puissance W à transmettre à une distance déterminée l.

la relation (5) est l'équation d'une droite. On construit des droites correspondant aux différentes valeurs de l; de telles droites sont reproduites sur les figures 2 et 3.

Ces courbes donnent pour chaque puissance la section minimum S_m, pour laquelle la transmission est possible. Au-dessous de cette valeur S_m, la transmission devient impossible avec la tension donnée.

Il est évident que les pertes dans la ligne étant de 100 pour 100, comme nous l'avons trouvé pour le cas limite, cette valeur $S_{minimum}$ de la section n'est pas admissible. Il faut donc pouvoir de $S_{minimum}$ passer à la section S_p telle que les pertes soient α pour 100 de la puissance W à transmettre. On se donne la valeur α pour 100. En admettant que le déphasage à l'arrivée est égal à celui au départ, α pour 100, qui exprime le tant pour 100 des pertes par effet Joule, représente aussi le tant pour 100 de la chute de tension, en multipliant α par un facteur $f = \frac{100}{100 + \alpha}$ (1).

Dans le cas limite :

$$W = \frac{U^2 \cos^2 \varphi}{4R} = \frac{U^2 \cos^2 \varphi}{4\rho} \cdot \frac{S_{minimum}}{l}, \qquad (6)$$

c'est-à-dire que pour S_m, la puissance maximum est donnée par l'équation (6).

$$I_{maximum} = \frac{U \cos \varphi}{2\sqrt{3} R_{min.}}.$$

(1) Remarque : α = pertes en pour 100 dans la ligne de la puissance W à transmettre.

La chute de tension en fonction de la tension au départ est $e = U_1 \frac{\alpha 10^{-2}}{1 + \alpha 10^{-2}} = U_1 \alpha \frac{1}{100 + \alpha}$.

La chute de tension en fonction de la tension U_2 à l'arrivée $e = U_2 \alpha 10^{-2}$.

Digitized by Google

Les pertes dans la ligne $N_m = 3 R_m . I_m^2 = W$, c'est-à-dire 100 pour 100.

Nous voudrions que les pertes dans la ligne soient α pour 100 de la puissance W à transmettre, pour une section S_p, que nous appellerons section pratique.

A cette section S_p correspondent :

I_p, intensité du courant;

R_p, résistance de la ligne.

Posons : $S_p = n\, S_m$ (7)

La section S_m correspond à $W = \frac{U^2 \cos^2\varphi}{4\rho} \cdot \frac{S_m}{l}$.

De plus : $R_m = \rho \frac{l}{S_m}$, $R_p = \rho \frac{l}{S_p}$;

d'où

$$R_p = \frac{R_m}{n}. \qquad (8)$$

L'intensité du courant correspondant à S_p est donnée par la formule

$$I_p = \frac{U\cos\varphi}{2\sqrt{3}\,R_p} - \sqrt{\frac{U^2\cos^2\varphi}{12 R_p^2} - \frac{W}{3R_p}} = \frac{U\cos\varphi}{2\sqrt{3}\,R_p}\left[1 - \sqrt{1 - \frac{4\sqrt{3} W R_p}{U^2\cos^2\varphi}}\right].$$

En remplaçant R_p et W par leurs valeurs tirées de (6) et (8), on a :

$$I_p = n \frac{U\cos\varphi}{2\sqrt{3}\,R_m}\cdot\left[1 - \sqrt{1 - \frac{4\sqrt{3}\,U^2\cos^2\varphi\, R_m}{4 n R_m U^2\cos^2\varphi}}\right];$$

d'où

$$I_p = \frac{U\cos\varphi}{2\sqrt{3}\,R_m}\cdot n\left[1 - \sqrt{1 - \frac{1}{n}}\right];$$

mais

$$\frac{U\cos\varphi}{2\sqrt{3}\,R_m} = I_{\text{maxim.}};$$

donc

$$I_p = I_m\, n\left[1 - \frac{\sqrt{n(n-1)}}{n}\right] = I_m\left[n - \sqrt{n(n-1)}\right]. \qquad (9)$$

Les pertes en ligne correspondant à la section S_p deviennent : $N_p = 3 R_p I_p^2$.

En remplaçant R_p et I_p par les valeurs tirées de (8) et 9), on a :

$$N_p = 3 R_m I_m^2 \left[\sqrt{n} - \sqrt{(n-1)}\right]^2;$$

mais

$$3 R_m I_m^2 = W;$$

donc

$$N_p = W\left[\sqrt{n} - \sqrt{n-1}\right]^2. \qquad (10)$$

Or nous voudrions que

$$N_p = W\frac{\alpha}{100} = 0{,}01\,\alpha\, W \qquad (11)$$

donc

$$N_p = W\left[\sqrt{n} - \sqrt{n-1}\right]^2 = 0{,}01\,\alpha\, W$$

d'où

$$\left(\sqrt{n} - \sqrt{n-1}\right)^2 = 0{,}01\,\alpha$$

$$2n - 2\sqrt{n(n-1)} - 1 = 0{,}01\,\alpha.$$

On en tire

$$n = \frac{(1 + 0{,}01\,\alpha)^2}{0{,}04\,\alpha}.$$

TABLEAU I.

α pour 100	$n = \frac{(1+0{,}01\,\alpha)^2}{0{,}04\,\alpha}$	$I = I_m\left[n - \sqrt{n(n-1)}\right]$
2	13	0,52 I_m
3	8,85	0,52 I_m
4	6,68	0,527 I_m
5	5,5	0,525 I_m
6	4,67	0,530 I_m
7	4,09	0,535 I_m
8	3,65	0,540 I_m
9	3,3	0,545 I_m
10	3	0,55 I_m
12	2,62	0,56 I_m
15	2,2	0,575 I_m
20	1,8	0,60 I_m
30	1,41	0,65 I_m

TABLEAU II.

$\cos\varphi$	f_1 facteur de correction pour la section S_m $S'_m = f_1 S_m$	f_2 facteur de correction pour l'intensité I_m $I_m = f_2 I_m$	f_3 facteur de correction pour la puissance W_m $W'_m = f_3 W_m$
0,75	1,142	1,165	0,877
0,85	0,875	0,931	1,142
0,90	0,790	0,890	1,265
0,95	0,708	0,842	1,410
1,00	0,640	0,800	1,560

α pour 100, pertes ou chute de tension;

I, intensité du courant correspondant à α pour 100;

I_m, intensité maximum;

S_m, section minimum;

W_m, puissance à l'arrivée.

La marche à suivre est donc la suivante :

Sur la courbe correspondant à la longueur de la la ligne, on trouve, pour la puissance W qu'on veut transmettre, la section minimum S_m.

Le tableau I ou la courbe de la figure 4 donnent la

Digitized by Google

valeur du nombre n pour chaque valeur de α pour 100.

La section $S_p = nS_m$.

Les pertes seront α pour 100 de la puissance à transmettre.

La chute de tension relative à la tension à l'arrivée serait α pour 100.

Les courbes sont construites pour 120 v et 3 000 v.

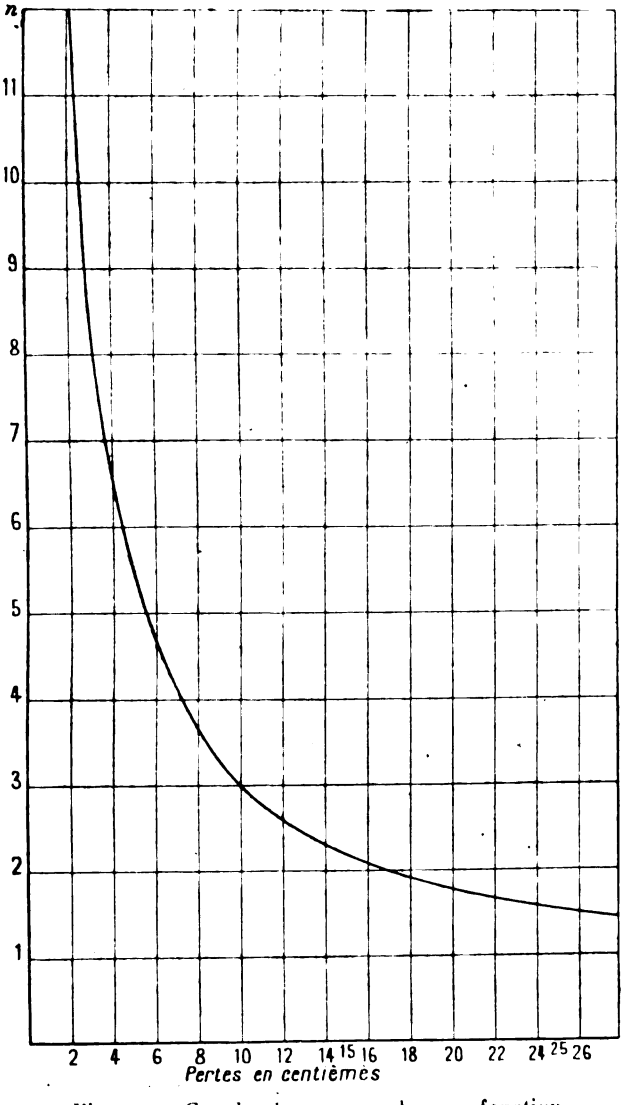


Fig. 4. — Courbe des vaeurs de n en fonction du pourcentage et des pertes.

Pour une tension différente, il n'y a qu'à multiplier S_m par le facteur de correction, à savoir :

$$f_1 = \left(\frac{U_2}{U_1}\right)^2 \left(\frac{\cos\varphi_2}{\cos\varphi_1}\right)^2$$

et I_m par $f_2 = \frac{U_2}{U_1} \cdot \frac{\cos\varphi_2}{\cos\varphi_1}$. (Tableau II).

φ_2 et U_2 sont le déphasage et la tension pour lesquels la courbe est construite; φ_1 et U_1, le déphasage et la tension du problème.

Section économique. — La section minimum S_m étant déterminée, la question suivante se pose: quelle valeur faut-il donner au nombre n pour que la somme des pertes dans la ligne, plus l'amortissement du cuivre, soient minimum ?

Posons :

N, nombre de kilowatts-heure transmis en un an, correspondant à la marche en pleine charge;

k, prix de revient d'un kilowatt-heure;

t, nombre d'heures de marche en pleine charge dans un an;

b, prix d'un kilogramme de cuivre;

D, densité du cuivre;

S_e, section économique en mm²;

l, longueur de la ligne en kilomètre;

S_m, section minimum;

$S_e = nS_m$;

$R_e = \frac{R_m}{n}$;

p = l'amortissement du cuivre en pour 100.

Les pertes dans la ligne sont $3 R_e I_e^2$.

Il s'agit de rendre minimum l'expression

$$y = K.3R_eI_e^2t.10^{-3} + 3blDp.S_e10^{-2}. \qquad (12)$$

Nous avons trouvé que :

$$I_e = I_m.\left[n - \sqrt{n(n-1)}\right]$$

et

$$R_e = \frac{R_m}{n};\ S_e = ns_m.$$

d'où

$$y = K.3R_mI_m^2\left[\sqrt{n}-\sqrt{n-1}\right]^2t.10^{-3} + 3blDpnS_m10^{-2};$$

mais

$$3R_mI_m^2 = W,$$

et, en posant pour abréger,

$$ktW10^{-3} = A,$$
$$3blDpS_m10^{-2} = B,$$

on a :

$$y = A\left[\sqrt{n}-\sqrt{n-1}\right]^2 + Bn,$$

$$\frac{dy}{dn} = A\left[2 - \frac{2n-1}{\sqrt{n(n-1)}}\right] + B;$$

pour que y soit minimum, il faut que $\frac{dy}{dn} = 0$.

$$A\left[2 - \frac{2n-1}{\sqrt{n(n-1)}}\right] + B = 0;$$

d'où

$$n_{\text{minimum}} = \frac{1}{2} \pm \sqrt{\frac{1}{4} + \frac{1}{\left(2+\frac{B}{A}\right)^2 - 4}}. \qquad (13)$$

La section la plus économique serait $S_e = n_m S_m$.

Digitized by Google

Exemple n° 2, courant triphasé.

U = 3 000 v (tension composée);
l = 10,5 km;
W = 60 kw;
$\cos\varphi$ = 0,75;
t = 3 600 heures;
k = 0,20 fr le kilowatt-heure;
p = 10 pour 100 (amortissement du cuivre);
b = 5,70 fr, (prix du cuivre);
D = 8,9 (densité);

1° Quelle section doit avoir la ligne pour que les pertes dans la ligne soient $\alpha = 10$ pour 100 ?

2° Quelle est la section économique ?

1° *Section pratique.* — Sur la courbe des puissances maximum, pour $U = 3000$, on trouve : $W = 60$ kw, $l = 10{,}5$ km et $S'_m = 7{,}89$ mm².

En tenant compte de la valeur de $\cos\varphi$:

$$S_m = 7{,}89 \frac{(0{,}8)^2}{(0{,}75)^2} = 9 \text{ mm}^2.$$

Sur le tableau ou sur la courbe donnant le nombre n, on trouve, pour $\alpha = 10$ pour 100, $n = 3$.

Donc la section pratique $S_p = nS_m = 3 \times 9 = 27$ mm².

2° *Section économique.* — Il s'agit de rendre minimum

$$y = 0{,}20 \times 60000 \times 3600 \times 10^{-3}\left[\sqrt{n} - \sqrt{n-1}\right]^2 + 3 \times 5{,}7 \times 10 \times 8{,}9 \times 10{,}5\, nS_m\, 10^{-2}$$

$$A = 0{,}20.60.3600 = 43\,200$$
$$B = 3.5{,}7.10.8{,}9.10{,}5.9.10^{-2} = 1\,450$$
$$\frac{B}{A} = \frac{1\,450}{43\,200} = 0{,}0336.$$

y serait minimum pour la valeur de n donné par l'équation (13)

$$n = 0{,}50 + \sqrt{\frac{1}{4} + \frac{1}{\left(2 + \frac{B}{A}\right)^2 - 4}} = 0{,}50 + \sqrt{0{,}25 + \frac{1}{(2{,}0336)^2 - 4}} = 3{,}26;$$

pour $n = 3{,}26$, $\alpha = 9{,}1$ pour 100.

y = 3 930 fr. (pertes dans la ligne) + 4 725 fr. (amortissement du cuivre) = 8 655 fr par an;

pour $n = 3$, $\alpha = 10$ pour 100 :

$y = 4\,320 + 4\,350 = 8\,670$ fr par an.

En tenant compte de l'accroissement ultérieur de la charge, adoptons $n = 4$ et $S_p = nS_m = 4.9 = 36$ mm².

Avec une section de 36 mm² on pourrait, en admettant $\alpha = 10$ pour 100, transporter une puissance $W_p = 82$ kw avec $\cos\varphi = 0{,}75$.

α °/₀	n	S mm²	W en kw	y = pertes dans la ligne	+ amortiss. du cuivre	y en fr
7	4	36	60	3 050	+ 5 800 = 8 850 fr	= 8 850
10	4	36	82	5 900	+ 5 800 = 11 700 fr	= 11 700
13	3,26	29,34	82	7 680	+ 4 725 = 12 405 fr	= 12 405

On voit que, si on choisit pour $W = 60$ kw, la section économique $S_e = 3{,}26.9 = 29{,}34$ mm²; dans le cas où la charge deviendrait $W_p = 82$ kw, les pertes et la chute de tension (relative à la tension à l'arrivée) deviendront 13 pour 100.

Une pareille chute serait inadmissible, car tous les appareils sont calculés pour une chute de 9,1 pour 100.

Il vaut mieux adopter $n = 4$, c'est-à-dire une section $= 4.9 = 36$ mm², qui pour $W = 60$ kw donne 8 850 fr pour y.

La différence entre cette valeur de y, et celle qui correspond à la section économique $(3{,}26.9) = 29{,}34$ mm² est de 200 fr. Mais elle est insignifiante en comparaison avec les frais de renforcement de la section et serait largement couverte si la charge devenait plus grande que 60 kw.

Pour $W_p = 82$ kw et $S = 4.9 = 36$ mm², on gagnerait, sur y, 705 fr par an (12 405 — 11 700 = 705 fr).

En adoptant une section $S = 36$ mm², la puissance maximum, qu'on pourrait transporter

$$W_m = 4.60 = 240 \text{ kw}.$$

Chute de tension. — U_1, tension au depart ; $\cos\varphi_1$, au départ. U_2, tension à l'arrivée ; $\cos\varphi_2$, à l'arrivée.

On a

$$IU_1\sqrt{3}\cos\varphi_1 - 3RI^2 = U_2 I\sqrt{3}\cos\varphi_2; \qquad (14)$$

d'où

$$U_2 = \frac{-RI\sqrt{3} + U_1\cos\varphi_1}{\cos\varphi_2}$$

et

$$e = U_1 - U_2 = U_1 - \frac{U_1\cos\varphi_1 - RI\sqrt{3}}{\cos\varphi_2} = \frac{RI\sqrt{3}}{\cos\varphi_2} + U_1\left(1 - \frac{\cos\varphi_1}{\cos\varphi_2}\right). \qquad (15)$$

Comme $\cos\varphi_2$ et $\cos\varphi_1$ diffèrent en général très peu, on peut prendre $\cos\varphi_1 = \cos\varphi_2$ et la chute de tension devient

$$e = \frac{RI\sqrt{3}}{\cos\varphi_2}.$$

Supposons qu'on veuille calculer la section du fil en admettant une certaine chute de tension.

Il y a deux cas à considérer.

Premier cas : On donne la chute de tension relative à la tension à l'arrivée, soit α pour 100

$$e = U_2 \cdot \frac{\alpha}{100}.$$

Dans ce cas, le nombre α représente aussi le tant pour 100 des pertes dans la ligne et relatives à la puissance à transporter W.

Digitized by Google

En effet

$$3RI^2 - W\frac{\alpha'}{100} = U_2 I\sqrt{3}\cos\varphi_2\frac{\alpha'}{100}, \qquad (16)$$

mais

$$e = \frac{RI\sqrt{3}}{\cos\varphi_2} = U_2\frac{\alpha'}{100}. \qquad (17)$$

On tire de (16)

$$\frac{RI\sqrt{3}}{\cos\varphi_2} = U_2\frac{\alpha'}{100}. \qquad (18')$$

D'où $\alpha = \alpha'$.

On calcule dans ce cas la section comme précédemment.

La courbe donne la valeur de S_m pour W et le tableau donne n pour α pour 100.

$$S_p = nS_m.$$

Deuxième cas : On donne la chute de tension relative à la tension au départ, soit α pour 100.

Désignons par α' les pertes, en pour 100, dans la ligne et posons $\cos\varphi_1 = \cos\varphi_2 = \cos\varphi$.

$$N_p = 3RI^2 = W\frac{\alpha'}{100} = U_2 I\sqrt{3}\cos\varphi\frac{\alpha'}{100} \qquad (18^b)$$

$$U_1 I\sqrt{3}\cos\varphi - 3RI^2 = W,$$

$$U_1 I\sqrt{3}\cos\varphi - W\frac{\alpha'}{100} = W;$$

d'où

$$U_1 I\sqrt{3}\cos\varphi = W[1 + \alpha' 10^{-2}]$$
$$= U_2 I\sqrt{3}\cos\varphi[1 + \alpha' 10^{-2}]$$

On a : $U_1 = U_2(1 + \alpha'.10^{-2})$;

$$\frac{U_1}{U_2} = 1 + \alpha' 10^{-2}. \qquad (19)$$

La chute de tension $e = U_1.\alpha.10^{-2}$; mais d'après (18), $e = U_2.\alpha'.10^{-2}$

d'où $U_1\alpha.10^{-2} = U_2\alpha'.10^{-2}$,

$$U_1\alpha = U_2\alpha',$$
$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{\alpha'}{\alpha} = 1 + \alpha'.10^{-2}.$$

Donc

$$\alpha = \frac{\alpha'}{1+\alpha' 10^{-2}} = \alpha'\frac{100}{100+\alpha'}\left(\begin{matrix}\text{chute de tension en \%}\\ \text{relat. à la tension au départ}\end{matrix}\right) \qquad (20)$$

$$\alpha' = \frac{\alpha}{1-\alpha 10^{-2}} = \frac{\alpha.100}{100-\alpha}\ (\text{pertes dans la ligne en \%}). \qquad (21)$$

Pour que la chute de tension soit α pour 100 de la tension au départ, elle doit être de α' pour 100 de la tension à l'arrivée. On calcule la section de la façon suivante :

Sur la courbe des puissances maximum on trouve pour W la section S_m.

Le tableau donne le n correspondant à $\alpha' = \alpha.\frac{100}{100-\alpha}$.

La section $S_p = nS_m$.

Remarque. — Une fois la section déterminée, on peut calculer $\cos\varphi_1$.

$$U_1\cos\varphi_1 = U_2\cos\varphi_2 + RI\sqrt{3}$$
$$\cos\varphi_1 = \frac{U_2\cos\varphi_2 + RI\sqrt{3}}{U_1}$$

Connaissant $\cos\varphi_1$ on peut recalculer la chute de tension donnée par la formule (15)

$$e = \frac{RI\sqrt{3}}{\cos\varphi_2} + U_1\left(1 - \frac{\cos\varphi_1}{\cos\varphi_2}\right).$$

Si l'on veut calculer exactement la chute de tension, on se sert de la formule de M. A. Blondel [L'Eclairage électrique, 1894].

$$U_1 = I\sqrt{\left[\frac{U_2}{I} + R\cos\varphi_2 + \omega L\sin\varphi\right]^2 + \left[\omega L\cos\varphi - R\sin\varphi\right]^2}.$$

La self-induction est donnée par la formule de M. Blondel

$$L = l[L_{M.} - L_{A.}].$$

Exemple n° 3.

$U_1 = 3000$ v ; $W = 60$ kw ; $l = 10{,}5$ km ; $\cos\varphi_2 = 0{,}75$.

On admet une chute de tension de $\alpha = 9{,}1$ pour 100, relative à la tension au départ U_1.

Le pourcentage des pertes dans la ligne est donné par la formule

$$(21)\quad \alpha' = \alpha.\frac{100}{100-\alpha} = 9{,}1.\frac{100}{100-9{,}1} = 10.$$

C'est le cas de *l'exemple n° 2*.

Nous avons trouvé $S_m = 9$ mm² ; $n = 3$, pour $\alpha' = 10$ % ;

$S_p = nS_m = 3.9 = 27$ mm² ; $R_p = 7$ ohms ;

La chute de tension admise est

$$e = \frac{9{,}1.3000}{100} = 273 \text{ v};$$

donc $U_2 = 2727$ v ;

mais $W = U_2 I\sqrt{3}\cos\varphi_2$;

d'où

$$I = \frac{W}{U_2\sqrt{3}\cos\varphi_2} = \frac{60}{2727\times\sqrt{3}\times 0{,}75} = \frac{2251}{3000} = 0{,}7503.$$

Digitized by Google

Pour un courant triphasé, la formule de M. Blondel donne :

$$U_1 = \sqrt{\left[U_2 \cos \varphi_2 + \sqrt{3} RI\right]^2 + \left[U_2 \sin \varphi_2 + \sqrt{3} L\omega I\right]^2}$$

connaissant $U_1, U_2, R, I, \cos\varphi_2, \omega$

on en tire L (self-induction),

et de la relation $L = l\,(L_A - L_M)$

on déduit la distance entre les conducteurs qui est nécessaire pour que la chute de tension avec la section adoptée soit de 9,1 pour 100, c'est-à-dire 273 v.

Rayon d'action. — La relation (1)

$$W = \frac{U^2 \cos^2 \varphi}{4 R 10^3} = \frac{U^2 \cos^2 \varphi}{4 \rho 10^3} \cdot \frac{S}{l} \text{ kw.}$$

peut s'écrire $W = A \cdot \frac{S}{l}$ kw

$$A = \frac{U^2 \cos^2 \varphi}{4 . 0{,}018 . 10^3},$$

d'où $l_m = A \cdot \frac{S}{W}$ en mètres (22).

Pour une puissance et une section connues, on calcule d'après (22) le rayon maximum d'action correspondant à 100 pour 100 de pertes dans la ligne, ou chute de tension. Pour une chute de tension et des pertes dans la ligne de α pour 100, le tableau donne le nombre n dont il faut réduire la longueur ou rayon d'action ; le rayon maximum devient alors :

$$l' = \frac{l_m}{n}.$$

En choisissant convenablement l'échelle, les courbes des puissances et intensités maxima peuvent en même temps être celles des rayons d'action maximum.

Courbes des puissances et intensités maximum. — Ces courbes sont construites pour tensions composées 120 v et 3 000 v et $\cos\varphi = 0{,}8$.

Pour 120 v et $\cos\varphi = 0{,}8$, on trouve :

$$W_m = \frac{U^2 \cos^2 \varphi}{4 R 10^3} = \frac{\overline{120}^2 . \overline{0{,}8}^2}{4 . 0{,}018 . 10^3} \cdot \frac{S_m}{l} = 128 \frac{S}{l} \text{ kw,}$$

$$I_m = \frac{U \cos\varphi}{2\sqrt{3} R} = \frac{120 . 0{,}8}{2\sqrt{3}\, 0{,}018} \cdot \frac{S_m}{l} = 1\,540 \frac{S}{l} \text{ A.}$$

Pour $U = 3\,000$ v :

$$W_m = \frac{\overline{3\,000}^2 . 0{,}8}{4 . 0{,}018 . 10^3} \cdot \frac{S_m}{l} = 8 . 10^4 \frac{S_m}{l} \text{ kw,}$$

$$I_m = \frac{3\,000 . 0{,}8}{2\sqrt{3}\, 0{,}018} \cdot \frac{S_m}{l} = 3{,}85 . 10^4 \frac{S}{l} \text{ A.}$$

Pour $\cos\varphi$ différent de 0.8, il faut multiplier S_m et I_m par un facteur de correction

$$S'_m = S_m \left(\frac{\cos\varphi_2}{\cos\varphi_1}\right)^2; \qquad I'_m = I_m \frac{\cos\varphi_2}{\cos\varphi_1};$$

$\cos\varphi_2$ étant le cosinus du déphasage pour lequel la courbe est construite ;
$\cos\varphi_1$, cosinus du déphasage du problème.

Si la tension et le cosinus sont, à la fois, différents :

$$S'_m = S_m \left(\frac{U_2}{U_1}\right)^2 \left(\frac{\cos\varphi_2}{\cos\varphi_1}\right)^2; \qquad I'_m = I_m \left(\frac{U_2}{U_1}\right) \left(\frac{\cos\varphi_2}{\cos\varphi_1}\right);$$

$$S'_m = f S_m; \quad I'_m = I_m \sqrt{f}.$$

Ces courbes permettent, sauf les questions traitées ci-dessus, de calculer :

1° Connaissant la puissance W à l'arrivée, la longueur et la section de la ligne, de trouver le pourcentage de la chute de tension ou des pertes dans la ligne à une tension donnée. On calcule $n = \frac{S}{S_m}$ et on trouve le α pour 100 correspondant.

2° Connaissant W, l, S, α pour 100, trouver la tension au départ ou à l'arrivée,

$$W = \frac{U^2 \cos^2 \varphi}{4 . 0{,}018 . 10^3} \frac{S_m}{l} \text{ kw;} \qquad (1)$$

$$n = \frac{(1 + 0{,}01\,\alpha)^2}{0{,}04\,\alpha}; \qquad (2)$$

$$n = \frac{S_p}{S_m}. \qquad (3)$$

Dans les relations rentrent six paramètres : U tension ; W, puissance à l'arrivée ; S_m, section minimum ; S_p, section pratique ; l, longueur de la ligne ; α le tant pour 100 des pertes.

Connaissant 4 de ces paramètres, on peut déterminer les autres.

Courant monophasé. — Nous avons trouvé pour le courant monophasé

$$W = \frac{U^2 \cos^2 \varphi}{8 R 10^3} = \frac{U^2 \cos^2 \varphi}{4 \rho 10^3} \cdot \frac{2S}{4l} = \frac{U^2 \cos^2 \varphi}{8 \rho 10^3} \cdot \frac{S_m}{l} \text{ kw.}$$

La puissance maximum, dans le cas d'un courant monophasé, est moitié de celle qu'on peut transporter avec un courant triphasé de même tension.

Donc, on peut calculer la section, etc., en se servant des courbes faites pour le courant triphasé, mais pour une puissance égale deux fois la puissance à transporter en monophasé.

L'intensité du courant est à recalculer en monophasé :

$$I_m = \frac{U \cos\varphi}{4 R_m} = I_m^{\text{triphasé}} \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 0{,}865\, I_m^{\text{triphasé}}.$$

Courant continu. — Même calcul que pour le courant monophasé en faisant $\cos\varphi = 1$.

Digitized by Google

Conclusions. — Dans la pratique courante, les ennuis proviennent, en général, du manque de prévoyance.

Il est évident que les centièmes de volt ou de millimètre carré de section n'ont pas grande importance, mais il est encore plus nuisible de n'attacher aucune importance aux conclusions des calculs théoriques. Il faut prévoir, car souvent dans la suite on se repent de ne pas avoir assez tenu compte de l'accroissement ultérieur de la charge. Cet accroissement peut devenir tel, à cause de la chute de tension, que les moteurs ne démarrent pas et même, pour une certaine valeur de la puissance à l'arrivée, la transmission devient impossible avec la section actuelle. On est obligé de renforcer la section.

Heureusement, la science permet de faire un peu de prophétie, c'est-à-dire prévoir.

En établissant le projet d'une transmission, il faut, pour se rendre compte de l'accroissement possible de la charge, faire une enquête approfondie. Ensuite faire un tableau comparatif, des pertes dans la ligne, chutes de tension, et des sections nécessaires pour différentes charges et choisir la section présentant la meilleure solution. On s'éviterait ainsi des gros ennuis dans l'avenir, à savoir : frais nécessaires pour le renforcement de la section et l'arrêt de l'exploitation pour l'effectuer.

B. Guerschinovitch,
Ingénieur-électricien au « Sud-Électrique »

Revues, analyses et informations

Système de commande à distance pour laboratoires d'essais électriques (1).

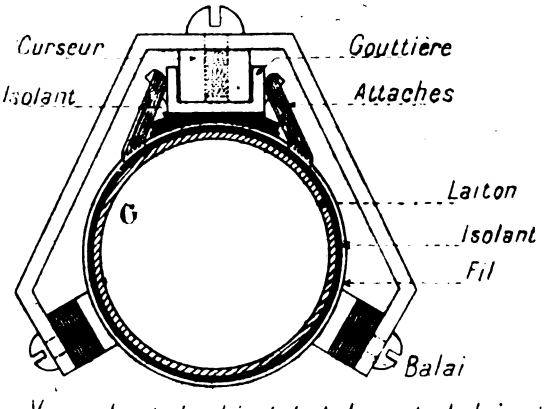
L'équipement que nous nous proposons de décrire est employé au laboratoire du Bureau of Standards et comprend essentiellement la commande à distance et la construction des rhéostats, qui servent à l'étalonnage des instruments de mesure. En général, ces rhéostats existent en un grand nombre d'exemplaires et deviennent vite encombrants pour l'opérateur astreint à les manœuvrer à la main ; mais, grâce à la commande à distance, il est possible de les installer en dehors de la salle d'essais ou encore de les reléguer au plafond. Le dispositif imaginé par le Bureau of Standards, résout ce problème d'une façon très ingénieuse.

Rhéostats de champ. — Ils sont constitués par des fils enroulés sur de longs tubes de cuivre recouverts d'un isolant ; sur ces fils frottent des balais suivant le dispositif adopté pour les rhéostats industriels. La figure 1 donne, en vraie grandeur, une coupe verticale d'un de ces rhéostats. Les tubes ont 5 m de longueur pour les rhéostats de champ des moteurs et 12 m pour ceux des génératrices ; pour les premiers, on actionne les balais par vis sans fin, mais, pour les seconds, on a préféré la commande par câbles et poulies comme on le voit en figure 2. Leur longueur totale est formée de bouts raccordés ensemble par des manchons intérieurs, puis soudés de façon à fournir une surface bien unie.

Isolement. — On enduit les tubes d'une couche de vernis isolant, qui, une fois sec, est recouvert de toile vernie de 5 cm de largeur ; puis on applique une nouvelle couche de liquide isolant et de toile. L'ensemble forme une surface unie, dure, sur laquelle on bobine le fil. La résistance d'isolement d'un rhéostat complet est de 100 mégohms ; elle est vérifiée sous 1 200 v alternatifs.

Enroulement. — On emploie du fil émail enroulé sur le tour en spires jointives qui donnent une surface lisse et rigide. Les fils sont soudés en bout à l'argent. Enfin on gratte le vernis suivant les génératrices de contact des balais et même, on enlève à la lime, un peu de métal pour rendre la surface légèrement plane.

Balais. — Les balais sont des lames de bronze phosphoreux montées sur une chape en cuivre laminé qui embrasse le tube presque en entier. Il y en a deux qui frottent sur



Vue en bout du rhéostat et du porte-balai.

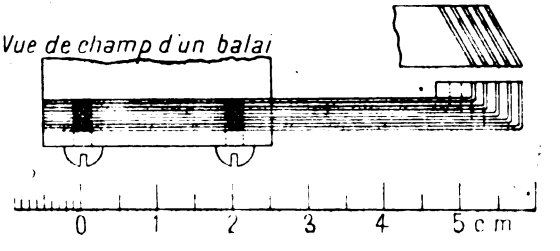


Fig. 1. — Détails de construction d'un rhéostat monté sur tube.

l'enroulement ; un troisième, plus long, se déplace dans une gouttière qui sert de conducteur de retour et qui est isolée du fil bobiné par une double couche de toile imprégnée. Pour fixer la gouttière, on dispose, de place en place le long du tube, des rubans de soie fine engagés sous deux ou trois tours de fil au moment du bobinage ; on relie ces

(1) P.-G. Agnew, W.-H. Stannard et J.-L. Fearing. *Scientific Papers of the Bureau of Standards*, 13 octobre 1916, n° 291, p. 581-597.

Digitized by Google

rubans à des oreilles obtenues par un trait de scie sur la tranche de la gouttière.

Montage des tubes. — Ils sont alignés sur une seule rangée horizontale et placés tout près du plafond d'un long couloir sur lequel s'ouvre la salle des dynamos. Chaque moteur est installé à poste fixe sur une console à l'une des extrémités du tube qu'il commande, extrémité qui est aussi fixe, l'autre étant laissée libre pour la dilatation. Des branchements en cuivre souples permettent de faire circuler l'eau de ville dans les tubes des rhéostats, mais, sous certaines conditions atmosphériques, il peut se former des dépôts d'humidité sur l'enroulement et, au Bureau of Standards, on a préféré utiliser l'eau de réfrigération suivant

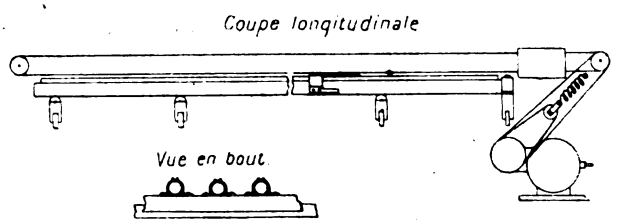


Fig. 2. — Installation de rhéostats montés sur tube.

un cycle fermé, en la récupérant au moyen d'une pompe actionnée par un moteur à faible vitesse. Il est aussi plus avantageux de disposer les tubes verticalement quand l'emplacement le permet, par exemple, dans un puits d'accès facile.

Calcul des rhéostats. — Des expériences préliminaires avaient montré que, en service courant et avec les rhéostats à curseur actionné par le moteur, le réglage pouvait s'effectuer à 1 mm près, ce qui représente le diamètre moyen du fil qui a paru le plus convenable à employer pour l'enroulement. On a donc décidé, arbitrairement, de fixer la sensibilité du réglage, pour les rhéostats de champ des génératrices, à 0,01 v par millimètre ou à 10 v par mètre de longueur du rhéostat.

Pour déterminer le diamètre et le nombre de tours des différents fils qui entrent dans la constitution du rhéostat, les auteurs ont adopté la méthode suivante. On relève la courbe des intensités de champ I en fonction de la tension E pour la génératrice considérée ; de cette courbe I, on déduit une courbe II donnant les résistances R en fonction de E ; les tangentes à cette dernière permettent à leur tour, par leurs coefficients angulaires, de tracer une courbe III qui représente les variations de la résistance par volt ou $\frac{dR}{dE}$. (Les auteurs américains appellent quelquefois cette courbe, courbe des pentes.) Puisque nous voulons que chaque millimètre du rhéostat corresponde à une variation de 0,01 v, il n'est pas difficile, par un simple changement d'échelle, d'établir une courbe IV qui indique de combien varie la résistance par millimètre sur toute la longueur du rhéostat. En réalité, ce qui nous intéresse pratiquement, c'est la variation de résistance par tour ; c'est elle qui servira de base à nos calculs. Exemple numérique : sur la courbe d'une génératrice du laboratoire du Bureau of Standards, nous constatons que la variation de la résistance de champ par volt est comprise entre 7 et 0.20 ohm quand les tensions de la génératrice s'échelonnent entre 20 et 180 v. La longueur du rhéostat doit être 12 m, soit $\frac{4}{3}$ ou 1,33 m pour chacun des 8 intervalles de 20 v compris entre 20 et 180. Sur la figure nous relevons que pour 1 v : à 180 v, $dR = 0.20$ ohm, à 120 v, $dR = 0.25$ ohm ; nous prendrons la moyenne 0.22 ohm pour la variation de dR dans cet intervalle. Pour 0,01 v, la variation dR sera 0,002 ; il faudra donc choisir un fil qui ait une résistance d'environ 0,0022 ohm par tour, condition remplie par du fil de cuivre de 1,15 mm de diamètre, et on l'enroulera sur une longueur de $\frac{4}{3} \times 3 = 4$ m. Le deuxième tronçon s'obtient en remarquant que de 120 à 80 v dR oscille entre 0,25 et 0,55 ohm par volt, soit en moyenne 0,40 ohm et pour 0,01 v, 0,004 ; il faudra donc prendre un fil qui ait cette résistance par tour. On a pris, à cet effet, encore du fil de cuivre de 0.81 mm de diamètre, enroulé sur une longueur de $\frac{4}{3} \times 2 = 2{,}6$ m. La marche à suivre est maintenant facile à comprendre. Si l'on construit une courbe en portant en ordonnées les résistances par tour et en abscisses, les longueurs correspondantes, on obtient une courbe en escalier dont la largeur des marches correspond aux tronçons successifs ; la courbe IV, dont nous avons parlé ci-dessus, est une courbe idéale, tandis que la courbe en escalier est conforme aux exigences réelles des conducteurs dont on dispose. Dans ces conditions, la précision sur laquelle on peut compter est d'environ 0.02 pour 100.

La prédétermination des rhéostats de champ des moteurs est beaucoup plus simple, car on a trouvé qu'un enroulement uniforme était suffisant pour assurer une variation de vitesse de 0,01 pour 100 par tour de fil. Les moteurs employés ne sont pas du type à pôles internes et des rhéostats de 5,50 m de longueur suffisent pour réaliser toute la série des vitesses avec la précision voulue.

II. — Rhéostats pour le controle de l'intensité et de la tension en courant continu. — *Rhéostats pour tensions.* — Ils sont, en général, de construction identique à celle des rhéostats de champ que nous venons de décrire ; ils ont 7,5 m de longueur et comprennent 11 500 tours de fil de laiton n° 22 formant une résistance totale de 254 ohms. Aux bornes du rhéostat on applique des différences de potentiel constantes prises sur une batterie d'accumulateurs (80 v ou des multiples de 80 jusqu'à 320 v) ; au moyen d'un contact glissant on prélève la tension réduite que l'on désire pour les essais. Le rhéostat étant capable de supporter des courants relativement intenses, on peut en dériver ce qui est nécessaire pour l'essai des appareils.

Rhéostats pour intensités de courant. — On n'a réalisé jusqu'ici de bons rhéostats d'intensité, se branchant sur des sources à basse tension et réglables par le même système de commande à distance, que pour les intensités comprises entre 300 et 10 000 a. Ce type de rhéostat, prévu à l'origine pour une commande hydraulique, a été retouché de façon à être actionné par quatre moteurs de 0,1 kw. L'élément résistant est constitué par des tubes méplats à travers lesquels circule un courant d'eau. Des balais en lames de cuivre fortement laminé prennent contact directement sur les tubes. Ceux-ci sont répartis en quatre groupes comprenant chacun quatre éléments tubulaires. Les quatre balais d'un groupe sont rigidement accouplés entre eux et sont déplacés par une simple tige filetée manchonnée sur l'arbre d'un moteur. La figure 3 est une reproduction schématique du dispositif. Les quatre tubes de trois groupes sont connectés en série parallèle ; c'est-à-dire que A et B, d'une part, puis C et D, d'autre part, sont reliés en série, mais les deux paires sont réunies en quantité ; enfin, les quatre groupes travaillent aussi en parallèle, jusqu'au moment où les balais de l'un d'eux, arrivés en fin de course, frottent sur des plots isolants ; le groupe correspondant est alors mis hors circuit.

Digitized by Google

Pour étendre la limite d'emploi du rhéostat au-dessous de 300 A, le quatrième groupe a ses quatre tubes couplés en série, en sorte que sa résistance est quatre fois plus grande que celle de chacun des trois autres groupes; pour de très faibles courants, on amène les balais des quatre

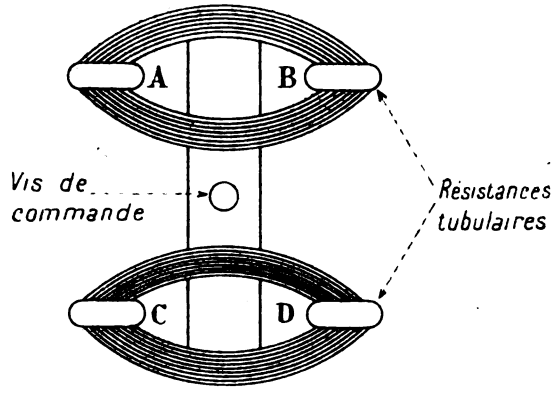


Fig. 3. — Balais et résistances tubulaires des rhéostats pour grandes intensités.

groupes sur le point mort et on leur substitue un rhéostat manœuvré à la main.

Le moteur d'entraînement est aussi pourvu de deux vitesses : l'une pour le réglage grossier, l'autre pour le réglage fin. En fait, le bobinage de son contrôleur est tout à fait semblable à celui des rhéostats de champ.

Vérification de la phase. — On emploie pour cela les deux méthodes bien connues. La meilleure des deux est celle qui consiste à caler, sur le même arbre, deux alternateurs identiques, dont l'un est utilisé comme source de courant, et l'autre, comme générateur de tensions; le réglage de la phase se fait en décalant angulairement l'un des stators par rapport à l'autre. Dans l'autre méthode, le réglage est obtenu par un lent déplacement du rotor d'un décaleur de phase. Dans les deux cas, ces opérations sont exécutées par l'intermédiaire d'un petit moteur actionnant une vis sans fin; ce moteur, comme les précédents, peut prendre deux vitesses, l'une pour le réglage approximatif, l'autre pour le réglage précis.

Accessoires de l'équipement. — *Moteurs.* — Afin de se réserver une marge assez étendue de vitesses, on a choisi un moteur du type Eck tournant à raison de 2 500 t : min, pourvu d'un pignon réducteur de 46 à 1 et disposé pour la marche dans les deux sens. Avec 120 v aux bornes, il tourne à la vitesse maximum et avec 10 v, on a la rotation lente.

Source d'énergie. — Ce serait une fausse manœuvre que de vouloir réaliser la marche lente par la simple insertion de résistances dans le circuit du moteur, parce qu'on ne disposerait plus d'un couple suffisant pour le démarrage. Au Bureau of Standards, on a résolu le problème de la façon suivante. Une petite batterie d'accumulateurs de 20 v, 3 fils, est associée à la distribution urbaine à 240 v, 3 fils, de façon à constituer un système à 5 fils, comme le montre schématiquement la figure 4. Le neutre de la petite batterie est connecté au neutre du grand réseau, puis respectivement à une borne de l'induit et de l'inducteur du moteur. En déplaçant la manette du contrôleur sur l'un des quatre plots, on obtient bien deux vitesses et deux sens de rotation.

Contrôleur et jacks. — Le contrôleur destiné à un groupe moteur-génératrice est muni de 5 leviers à ressorts qui commandent respectivement : la fréquence, la phase, les champs de deux génératrices et une tension continue auxiliaire. Deux contacts intérieurs donnent la marche à vitesse

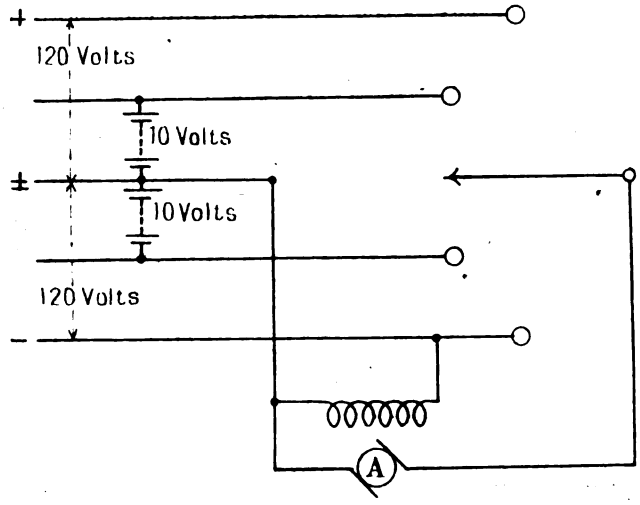


Fig. 4. — Connexions d'un système à 5 fils donnant le renversement de marche et les deux vitesses pour le moteur actionnant les rhéostats.

lente du moteur actionnant les rhéostats; deux contacts extérieurs jouent le même rôle, mais pour la grande vitesse. Tous ces contrôleurs sont transportables et les manettes des leviers sont amovibles. Deux câbles souples les relient à un système de jacks qui permettent à leur tour d'établir les connexions avec le réseau et les moteurs de contrôle.

Commutateur automatique de fin de course. — Ce dispositif, très ingénieusement conçu, sert à limiter la course des balais quand ils arrivent en bout du rhéostat. A cet effet, le bloc B, qui est monté sur le brin supérieur de la corde du moteur du contrôle, comme le montre schématiquement la figure 5, s'engage entre une barre de cuivre fixe F et une

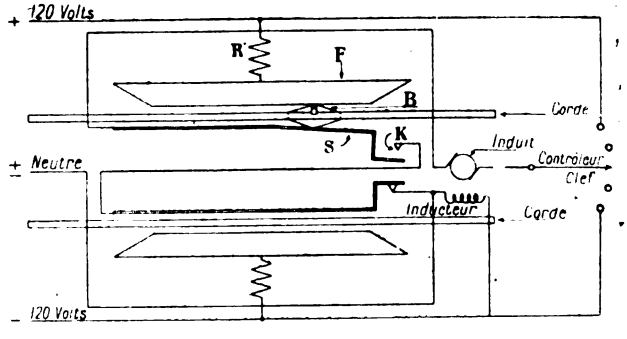


Fig. 5. — Détails du commutateur automatique de fin de course.

lame flexible S et coupe le circuit en K, ce qui arrête le moteur. Mais B établit un contact électrique entre S et F qui se trouvent ainsi mis en relation avec le fil positif de la ligne par l'intermédiaire de la résistance R. En ramenant alors le levier du contrôleur sur le plot correspondant au fil négatif, on applique au moteur la tension totale 240 v; le

Digitized by Google

moteur tourne en sens contraire de la première rotation et rappelle le balai en arrière. Quand le bloc B est dégagé de l'intervalle entre F et S, le circuit se renferme en K, mais le moteur est branché sur — 120 v seulement. Le brin inférieur porte un bloc semblable à B et destiné au même but.

Les 4 moteurs, faisant partie de l'équipement d'un groupe moteur-génératrice, ont leurs champs couplés en parallèle et l'interrupteur qui les commande est monté sur le tableau d'où l'on opère le démarrage du groupe moteur-génératrice. Le schéma complet d'une installation est reproduit sur la figure 6. On voit que le nombre des conducteurs est très limité. En plus des 4 fils qui alimentent le moteur (le neutre n'est pas indispensable au contrôleur), il suffit d'en

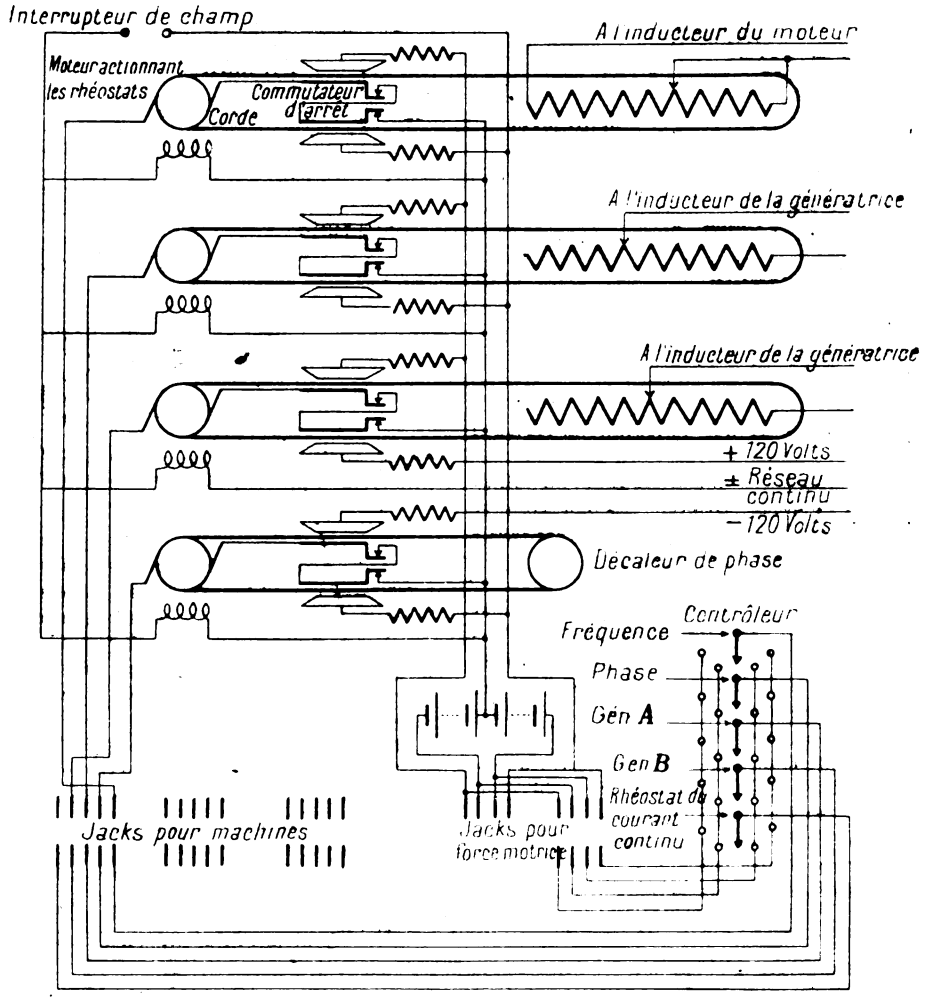


Fig. 6. — Diagramme général des connexions donnant le détail de la commande complète d'un groupe moteur-génératrice, avec le contrôleur et les jacks prévus pour la commande d'autres groupes.

poser un seul pour chaque contrôleur autour du laboratoire, c'est-à-dire un fil pour chaque induit de moteur. L'installation primitive avec 17 moteurs n'avait que 21 fils; il en faut un nouveau pour chaque moteur que l'on ajoute.

Le dispositif que nous venons de décrire fonctionne depuis deux ans, sans qu'aucun accident sérieux en ait troublé la marche; les cordes se sont un peu allongées et il a fallu, par deux fois, les raccourcir. A cause de leur élasticité, elles ont un léger temps perdu qui est en moyenne de 0.10 à 0.15 pour 100 et on peut le négliger.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

Application de transformateurs-suceurs à la ligne électrique à courant monophasé de Perpignan à Villefranche de la Compagnie des chemins de fer du Midi *(Suite et fin)*

Dans un précédent article (1), *l'auteur a précisé les conditions qui doivent être remplies pour avoir un fonctionnement satisfaisant du transformateur-suceur. Dans cet article, il décrit l'installation des transformateurs-suceurs sur la ligne de Perpignan à Villefranche et les principaux essais effectués avec ces appareils.*

IV. — **Installation de transformateurs-suceurs sur la ligne de Perpignan à Villefranche.** — L'installation de transformateurs-suceurs a été faite sur un certain nombre de lignes monophasées en Amérique, en Angleterre, en Allemagne et, tout récemment, en France sur la ligne de Perpignan à Villefranche des chemins de fer du Midi; nous nous arrêterons plus particulièrement à l'examen de cette dernière installation que nous avons étudiée et mise au point et sur laquelle nous avons effectué une série d'essais avec le concours dévoué de M. Delpy, chef du dépôt de la Compagnie à Villefranche et du personnel électricien de ce dépôt.

La ligne de Perpignan à Villefranche a 46,3 km de longueur; le fil de contact est alimenté à Villefranche par du courant à 16 2/3 p : sec et à la tension de 12 500 v environ par une ligne de transport de force venant de l'usine centrale de Fontpédrause, située à 25 km de cette dernière gare. Par suite de ce mode d'alimentation, certaines lignes à courant faible de l'Administration des Postes et des Télégraphes sont influencées sur la totalité de leur parcours (fig. 12).

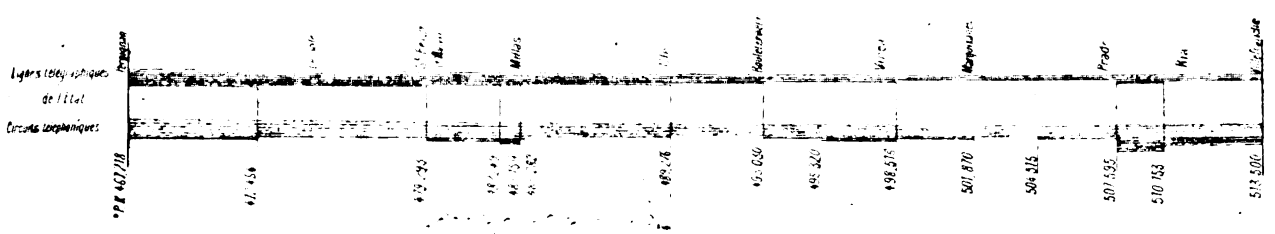


Fig. 12. — Tracé des lignes télégraphiques et téléphoniques de l'Etat sur la ligne de Perpignan à Villefranche.

Les transformateurs-suceurs ont été installés seulement sur la section de Perpignan à Bouleternère d'une longueur de 26 km, car la Compagnie du Midi a voulu, tout d'abord, procéder à un essai restreint de ces appareils.

Les transformateurs, au nombre de 7, sont répartis sur la section considérée à une distance de 4 km les uns des autres; ils ont leur primaire mis en série sur la ligne de contact et leur secondaire connecté en série sur un conducteur d'aluminium d'une section de 131 mm² (fig. 13). Ce dernier conducteur est disposé environ à 1 m de la ligne caténaire et sur les mêmes supports que cette ligne.

Ces transformateurs, construits par les ateliers Oerlikon, sont à bain d'huile et du type extérieur; ils répondent aux caractéristiques suivantes :

Puissance : 12 kv-a,
Intensité : 110 a,
Voltage : 110 v,
Rapport de transformation : 1 à 1,05,
Isolement primaire prévu pour 20 000 v,
Isolement secondaire prévu pour 2 000 v,

(1) *R. G. E.*, 3 mars 1917, pages 331-336. Nous croyons devoir signaler les deux erreurs typographiques suivantes qui se sont glissées dans cet article : p. 331, ligne 18 par en bas, lire : varie de 0 à 1, au lieu de : varie de 0 à 1; p. 331, note (1) lire : M. Girousse, au lieu de M. Griousse.

Digitized by Google

Les constantes (1) de ces transformateurs ont été déterminées d'après le débit maximum de la ligne caténaire et l'impédance kilométrique du conducteur isolé sur la section considérée.

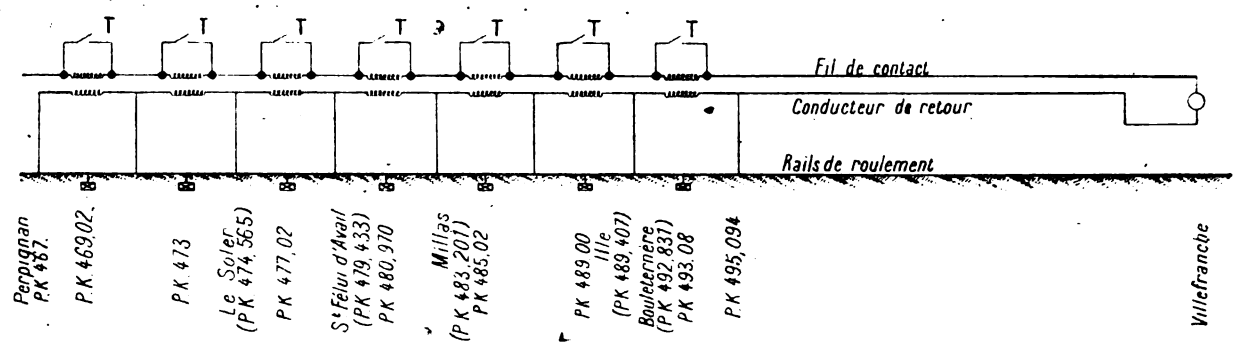


Fig. 13. — Répartition sur la ligne des transformateurs-suceurs.

Chaque transformateur, placé sur l'accotement de la voie, au droit d'un pylône triangulaire supportant la ligne de traction, repose sur un petit plancher constitué par des traverses assemblées par des tirefonds; il est entouré, jusqu'à une hauteur de 3 m, par une cage grillagée qui affleure la face du pylône située du côté des

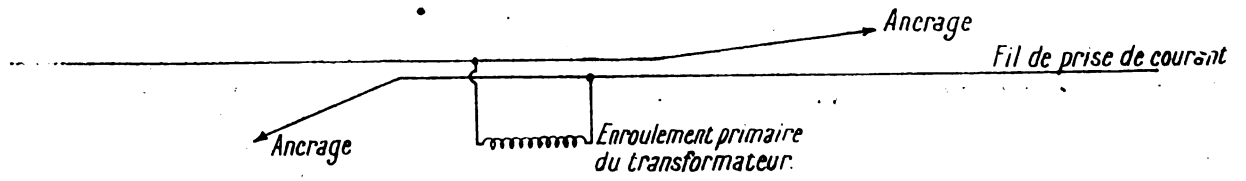


Fig. *a*. — Dispositif de sectionnement.

rails. Une porte, fermant à clef, a été ménagée pour permettre l'accès du poste (fig. 14 et 15).

Les connexions du transformateur au fil de travail et au conducteur de retour reposent sur des isolateurs

(1) Ci-après quelques résultats des essais réalisés en laboratoire sur ces transformateurs :

Résistance : Résistance de l'enroulement primaire à froid..... 0,0338 ohm

Résistance : Résistance de l'enroulement secondaire à froid..... 0,0277

Essai de marche à vide.

Périodes.	Volts.	Ampères.	Watts.
16	80,5	2,8	67,5
16	95	4,2	87,5
16	100,5	6,8	125
16,5	115,5	7,3	136
15,9	123	16	192

Essai de marche en court-circuit.

Périodes.	Volts.	Ampères.	Watts.
16,5	6,65	81	470
16,5	8,15	100	730
16,8	8,85	110	880
15,7	10,25	130	1210
16,2	11,95	131	1630

Echauffement. — L'échauffement de l'huile après neuf heures de marche à pleine charge a été de 32°5 (température ambiante : 27°). Cet échauffement a atteint 35°5 après une marche consécutive de 25 pour 100 de surcharge pendant une heure.

Rigidité diélectrique. — L'enroulement primaire a été essayé à chaud et pendant cinq minutes à une tension de 40000 v appliquée entre l'enroulement et la masse et entre le primaire et le secondaire.

L'enroulement secondaire a été essayé à chaud, à 6000 v par rapport à la masse, pendant cinq minutes.

placés sur les membrures du pylône susvisé. Pour éviter de percer des trous dans les membrures, toutes les ferrures sont fixées à l'aide de colliers.

En vue de la réalisation des essais, conformément au schéma de la figure 6, l'enroulement secondaire a été muni d'une prise supplémentaire en son milieu. Cette prise peut être reliée, le cas échéant, aux rails de roulement.

Sur les lignes de traction à courant monophasé de la Compagnie, des plaques de terre sont disposées de distance en distance pour mettre les rails au potentiel du sol, en vue d'éviter tout accident au personnel de la voie; sur la section de Perpignan à Bouleternère, ces plaques sont placées au droit de chaque poste de transformateur.

La coupure du fil de travail pour la mise en série de l'enroulement primaire du transformateur est réalisée par l'intermédiaire d'un isolateur de section (1), constitué par deux griffes en fer distantes de quelques millimètres et reliées entre elles par deux joues isolantes en bois paraffiné. Deux antibalançants jumelés, boulonnés à la ligne de travail de part et d'autre de l'isolateur de section, évitent toute déformation de ce dernier organe au passage des archets des locomoteurs (fig. 16).

La coupure sur le câble porteur de la ligne caténaire est obtenue simplement par un maillon isolant (fig. 16).

Le conducteur de retour en aluminium est arrêté, de part et d'autre du pylône, à l'aide de maillons isolants,

(1) Sur les lignes sur lesquelles circulent des trains à grande vitesse, il y a intérêt à remplacer l'isolateur de section par un sectionnement de la ligne par déviation latérale (fig. *a*).

Digitized by Google

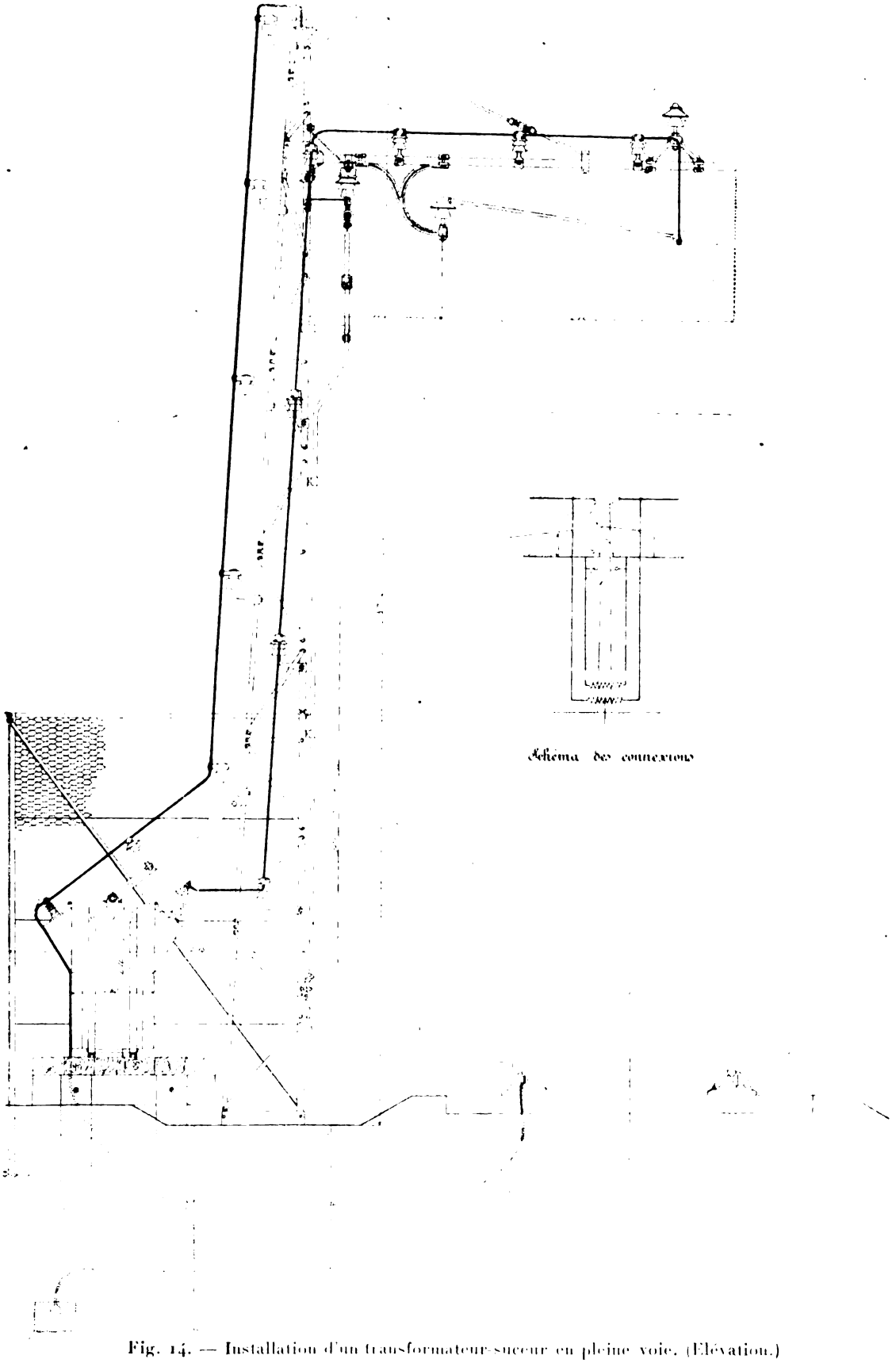


Fig. 14. — Installation d'un transformateur-suiveur en pleine voie. (Élévation.)

Digitized by Google

de façon à permettre l'insertion dans son circuit de l'enroulement secondaire du transformateur.

Un sectionneur à commande à distance a été installé pour permettre, pendant les essais, la mise en court-circuit du transformateur-suceur.

V. — **Essais de transformateurs-suceurs sur la ligne de Perpignan à Villefranche.** — De nombreux essais ont été faits, d'une part, pour contrôler la marche

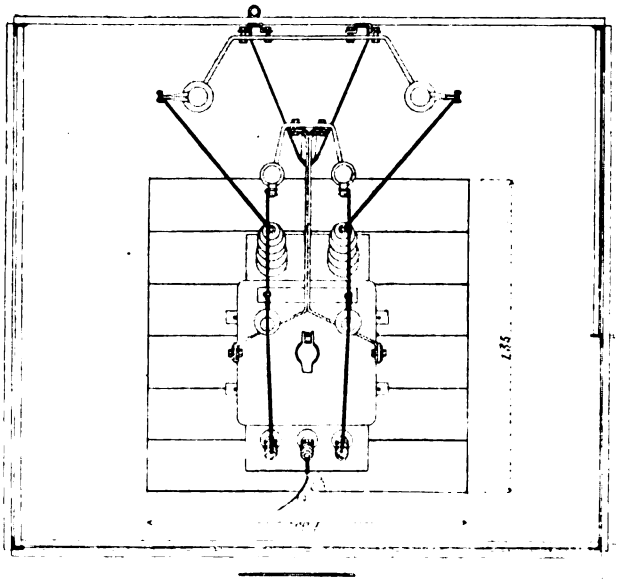


Fig. 15. — Installation d'un transformateur-suceur en pleine voie (vue du plan).

du courant dans les rails et dans le conducteur isolé et, d'autre part, pour évaluer la force électromotrice induite dans un fil témoin voisin de la ligne caténaire.

Nous n'entrerons pas dans le détail des expériences qui ont été réalisées pour vérifier si les connexions de chaque transformateur aux rails et au conducteur isolé étaient faites dans le sens convenable, de façon que le courant dans le secondaire tende à annuler le flux produit par le primaire.

Les essais ont été effectués pour la plupart avec un courant constant sur la ligne de traction et pour une intensité variant de 40 à 140 A. Dans ce but, le fil de prise de courant était relié par un conducteur de résistance nulle aux rails de roulement; par la variation de l'excitation de l'alternateur de l'usine génératrice on pouvait obtenir le débit demandé par chaque essai.

Les expériences relatives aux phénomènes d'induction électromagnétique ont été réalisées sur un fil témoin en cuivre, de 2,5 mm de diamètre et de 26 km de longueur installé entre la gare de Perpignan et celle de Bouleternère. La position relative de ce fil par rapport à la ligne caténaire et au conducteur de retour isolé est donnée par la figure 19. Pour faire des mesures plus précises, la résistance de ce fil a été augmentée par l'adjonction d'une résistance ohmique. Le fil témoin était mis normalement à la terre au bureau de Perpignan et à celui de Bouleternère; cette dernière mise à la terre se faisait soit par l'intermédiaire d'un milliampèremètre seul, soit par l'intermédiaire d'un milliampèremètre et d'un appareil Morse.

Parallèlement aux mesures effectuées sur le fil témoin, il a été procédé à des essais de transmission avec des appareils Morse placés dans les bureaux télégraphiques de chacune des gares précitées. La tension de la pile de travail était à Perpignan de 40 v et de 56 v à Bouleternère. Les transmissions se faisaient soit sans dispositif de protection sur le fil témoin, soit avec l'interposition d'une bobine de self-induction de 50 henrys et de 2000 ohms $\left(\text{constante de temps : } T = \frac{L}{R} = \frac{50}{2000} = 0{,}025\text{ s}\right)$.

∴

A la suite d'essais faits sur la ligne de Perpignan à Villefranche, sur la section comprise entre Perpignan et Prades (40 km) antérieurement à l'établissement du conducteur de retour isolé et à l'installation des transformateurs-suceurs, nous avons relevé, sur une ligne télégraphique disposée à une distance moyenne de 3 m de la ligne caténaire, une tension induite de 11 v pour 100 A de débit de la ligne de traction et par kilomètre de parallélisme. Cette valeur conduisait à admettre que

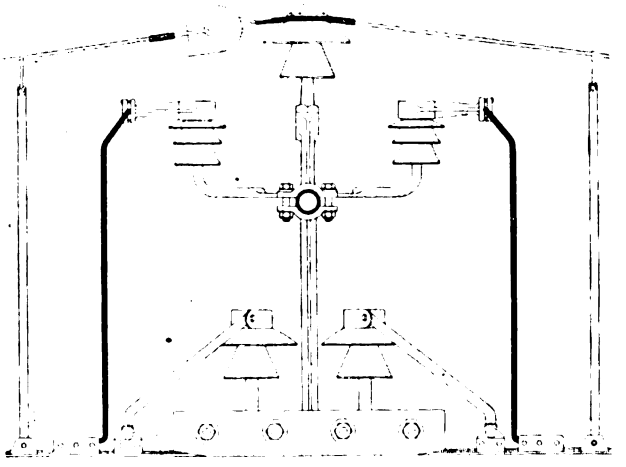


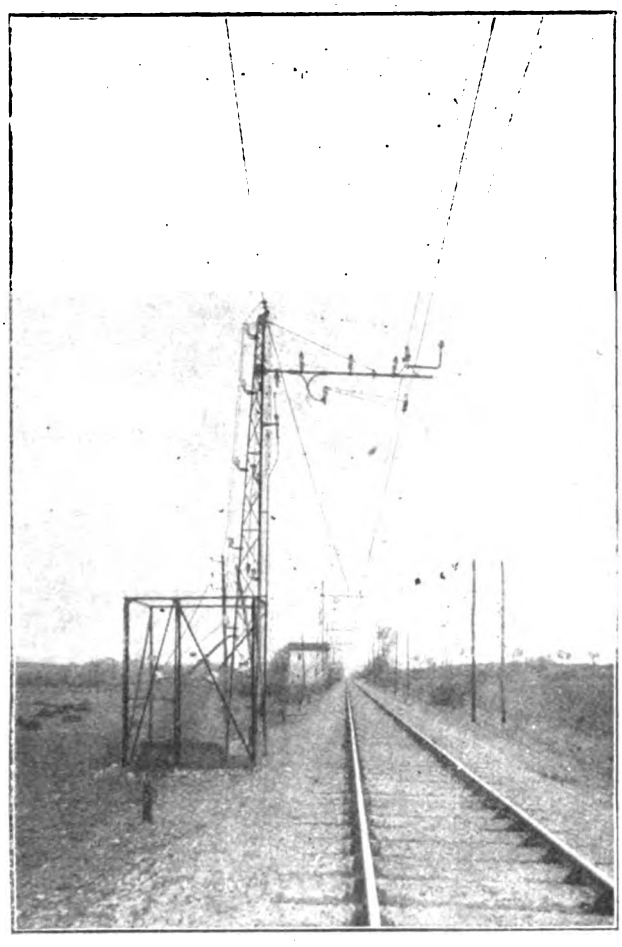
Fig. 16. — Montage de l'isolateur de section (vue de face) et coupure de câble-porteur.

le conductif fictif de retour du courant de traction se trouvait à une profondeur du sol de 1 800 m environ.

Nous allons voir, en reproduisant les essais les plus intéressants parmi ceux que nous avons effectués, comment se fait le retour du courant dans chaque cas et quelle valeur atteint la tension induite d'origine électromagnétique.

Essais n° 1. — Dans ces essais, chaque sectionneur a été fermé de façon à mettre en court-circuit le primaire de chaque transformateur; le secondaire a été lui aussi

Digitized by Google



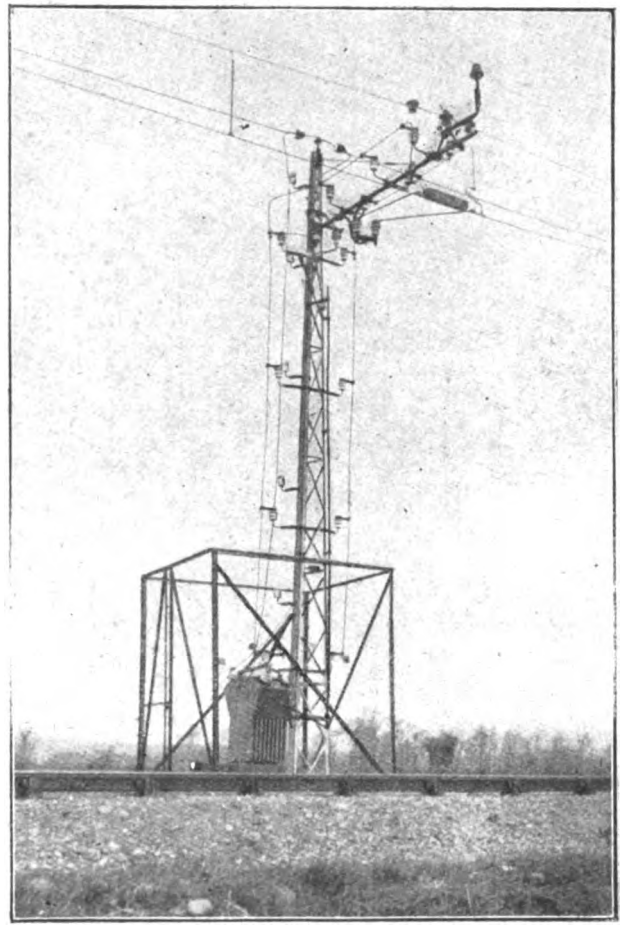


Fig. 17 et 18. — Photographies d'un poste de transformateur.

mis en court-circuit à l'aide d'une connexion volante (fig. 20).

Une connexion a été établie au P K 467 entre la caténaire et les rails; en ce même point le conducteur de retour était relié aux rails.

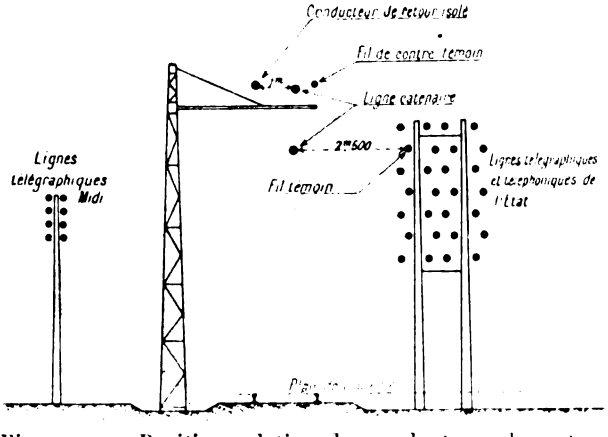


Fig. 19. — Position relative du conducteur de retour, de la ligne caténaire et du fil témoin.

Les mesures effectuées avec ce montage ont confirmé les résultats déjà obtenus au cours des essais de la mise en parallèle des rails avec un conducteur isolé (voir fig. 3 du paragraphe II ci-dessus). Avec cette disposition, d'après les chiffres du tableau I, 40 pour 100 environ du courant revient à l'usine génératrice pour le conducteur isolé et la tension induite d'origine électromagnétique est réduite à 6 v par 100 a de débit et par kilomètre de parallélisme (1).

Essais n° 2. — Les transformateurs-suceurs ont été mis en service et les terres disposées au droit des transformateurs ont été enlevées. Au P K 467 le fil de contact est relié aux rails et ces derniers au conducteur isolé (fig. 21).

(1) Il convient de noter que les tensions induites déduites des essais faits avec l'appareil Morse intercalé dans le circuit du fil témoin ne correspondent pas aux tensions calculées dans le cas du fil témoin mis directement à la terre par l'intermédiaire de l'ampèremètre. Cette anomalie doit provenir de la connaissance imparfaite que nous avions de la valeur de la self-induction de l'appareil Morse admise égale à 15 henrys.

Digitized by Google

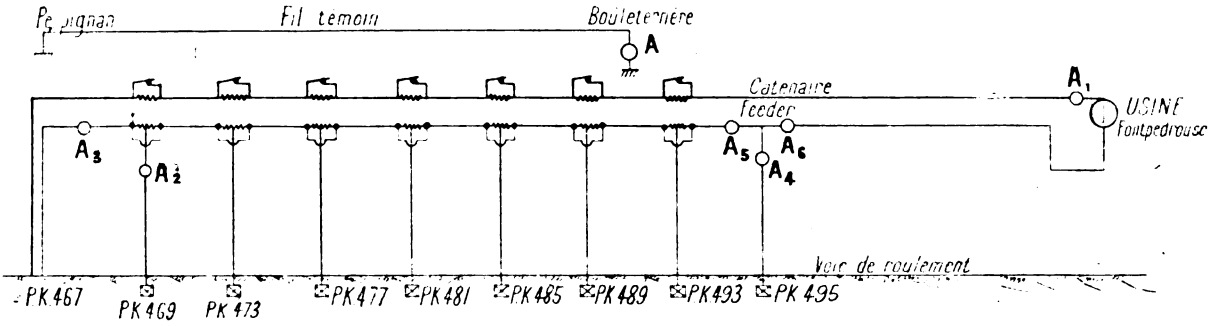


Fig. 20. — Essais avec transformateurs-suceurs mis en court-circuit.

Tableau I.

Lectures rectifiées des ampèremètres						Lectures faites sur le fil témoin				Fonctionnement du Morse		Observations
						Milliamp. induits.		Volts induits.				
A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	Sans Morse	Avec Morse.	Sans Morse.	Avec Morse.	Direct.	Avec self	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
40	0	0	20	20	38	a_1 170	b 15	69,8	28,8	Mauvais	Mauvais	Résistance montage a_1 : 411Ω
80	0	0	44	37	79	320	45	131,5	80,5	Id.	Id.	Id. montage b : 98Ω
110	0	0	68	42	110	b_1 490	85	179,6	139,9	Id.	Id.	Impédance montage b : 1791Ω
140	0	0	85	55	140	590	140	213,5	250,5	Id.	Id.	Résistance montage b' : 891Ω Impédance montage b' : 1746Ω

Nota. — Par suite du manque de sensibilité des ampèremètres A_2 et A_3, on n'a pas enregistré le passage du courant.

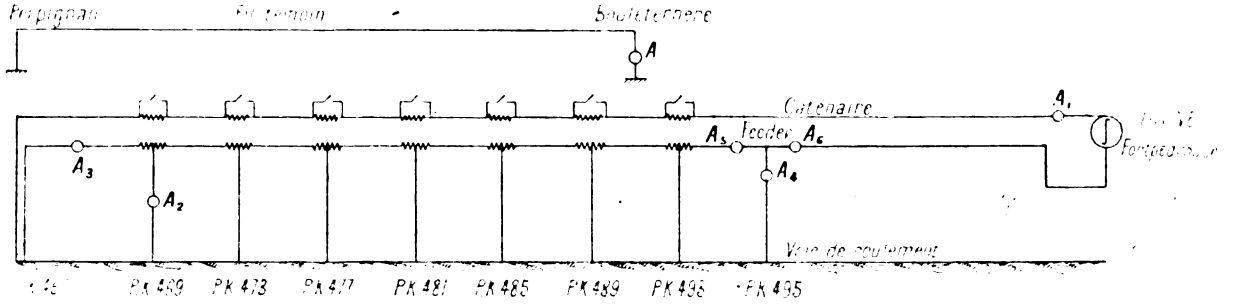


Fig. 21. — Essais avec transformateurs-suceurs en service, montés d'après la figure 6, et avec plaques de ferre supprimées

Tableau II.

Lectures rectifiées des ampèremètres						Lectures faites sur le fil témoin				Fonctionnement du Morse		Observations
						Milliamp. induits.		Volts induits.				
A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	Sans Morse	Avec Morse	Sans Morse	Avec Morse.	Direct.	Avec self	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
40	0	38	0	38	38	a' 21,5	b 4	10,7	7,3	Bon		Résistance montage a' : 502Ω
80	0	79,5	0	75	80	a_1 39,5	9,5	18,7	17,1	Bon		Résistance montage a_1 : 411Ω
110	0	100	10	97	108	a_2 65	14,7	27,4	26,4	Bon		Résistance montage b : 98Ω
140	0	135	16	126	140	a_3 95	23,8	39,7	34,8	Vibration	Bon	Impédance montage b : 1791Ω

Digitized by Google

Le schéma du montage adopté correspond à celui de la figure 6.

Les chiffres du tableau II font ressortir clairement l'effet de la saturation des transformateurs. Alors que le courant dans les rails n'a pas pu être mesuré à l'ampèremètre A_4 jusqu'au débit de 80 A dans la caténaire, ce courant a atteint une intensité de 10 A pour un débit de 110 A de l'usine génératrice. Il est d'ailleurs possible qu'une partie de ce courant de retour circule dans la terre. Nous avons l'intention, dans des essais ultérieurs, d'effectuer des recherches pour mettre en lumière ce point particulier.

La tension induite est, dans les quatre cas examinés :

DÉBIT DE LA CATÉNAIRE	VOLTS INDUITS sans Morse, par A et par km	sans Morse, par 100 A et par km	avec Morse, par A et par km	avec Morse, par A et par km
50	0,0102	1,02	0,0069	0,69
80	0,0089	0,89	0,0081	0,81
110	0,0095	0,95	0,0092	0,92
140	0,0108	1,08	0,0117	1,17

On remarque, à l'examen de ces résultats, que la tension induite par ampère et par kilomètre est variable avec le débit de la caténaire et qu'elle croît avec ce débit. Comme dans ces quatre expériences le circuit inducteur et le conducteur induit occupaient la même position respective, on ne peut expliquer la variation de la force électromotrice d'induction électromagnétique que par la variation des coefficients K et d de la formule

$$e_1 = \frac{e}{LI} = 4{,}6 \times 10^{-4} \left[K \log \frac{r_2}{r_1} + (1 - K) \log \frac{r_2 + d}{r_1} \right] \omega.$$

Comme la valeur de ces coefficients dépend essentiellement de l'intensité du courant qui revient par les rails et par la terre, et que cette intensité a son tour est, dans nos expériences, fonction de la saturation du transformateur-suceur, on voit que cette saturation a une répercussion appréciable sur l'induction électromagnétique.

En se basant sur le débit de 100 A, on trouve qu'avec l'emploi du transformateur-suceur dans les conditions de la figure 21, la tension induite n'est plus que de 0,92 V par 100 A de débit et par kilomètre de parallélisme. Les troubles d'origine électromagnétique sont donc réduits de 92 pour 100 environ avec ce montage.

Les communications télégraphiques sans dispositif de protection ont été bonnes jusqu'au débit de 110 A sur le conducteur de prise de courant. Pour avoir un fonctionnement satisfaisant de l'appareil Morse non protégé pour le débit de 140 A, la pile de transmission du bureau de Perpignan aurait dû avoir une tension de 70 V au lieu de 40 V qu'elle avait au moment des expériences. Cette tension de 70 V est inférieure à la tension de 100 V couramment employée dans certains bureaux de l'Administration des Postes et des Télégraphes.

Essais n° 3. — Les essais n° 3 sont la reproduction des essais n° 2 avec les plaques de terre de la voie de roulement mises en service (fig. 22).

Les résultats de ces expériences, reproduits au tableau III sont comparables à ceux trouvés dans les essais n° 2.

La mise à la terre des rails par des plaques spéciales ne paraît donc pas avoir d'influence sur la circulation du courant de retour et sur l'induction électromagnétique. Il convient de conserver, à notre avis, les plaques de terre, car, sur les sections dans lesquelles se trouve un locomoteur, la tension de la voie de roulement peut atteindre, dans le cas de son isolement plus ou moins parfait, une valeur désagréable pour le personnel (1).

Essais n° 4. — Dans ces essais, la liaison du conducteur isolé aux rails de roulement a été faite au milieu de la section comprise entre deux transformateurs consécutifs. Les dispositions adoptées (fig. 23) sont celles du schéma de la figure 5. Les plaques de terre des rails ont été installées.

Les résultats obtenus, détaillés au tableau IV, sont très voisins de ceux des essais n° 3. Le montage des transformateurs-suceurs peut donc être réalisé d'après les dispositions de l'une ou l'autre des figures 5 et 6. Nous ferons remarquer cependant que la connexion du conducteur de retour à la voie de roulement au droit du transformateur (fig. 22) présente l'avantage de rassembler en un seul point toutes les liaisons des conducteurs entre eux et par conséquent de rendre plus faciles la surveillance et l'entretien de l'installation.

Essais n° 5. — Pour connaître les conséquences qu'entraînerait la mise hors de service momentanée du premier transformateur-suceur, nous avons supprimé au P K 467 la connexion du conducteur de retour aux rails de roulement, tout en conservant au même point celle du fil de prise de courant aux rails.

Les essais précédents ont été répétés avec cette nouvelle disposition (fig. 24).

La force électromotrice d'induction électromagnétique qui, pour un débit de 110 A sur la caténaire, était de 28,2 V dans les essais n° 4 atteint, dans les présentes expériences, 53,3 V pour le même débit du conducteur de prise de courant ; ce dernier chiffre donne une tension induite de 1,86 V environ par 100 A de débit et par kilomètre de parallélisme pour la section comprise de Perpignan à Bouleternère.

Si l'on se base sur les résultats obtenus dans les essais

(1) Sur certaines lignes monophasées de la Compagnie du Midi, il a été mesuré sur la voie une perte de charge kilométrique de 0,185 volt par ampère.

Digitized by Google

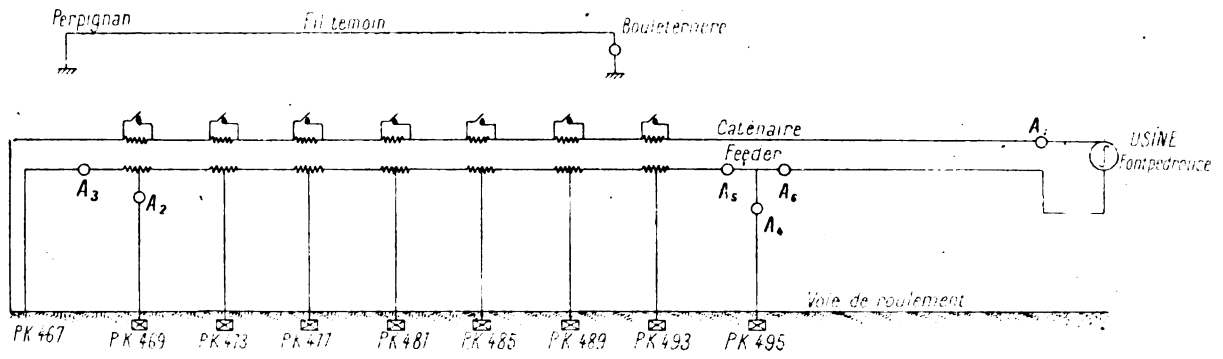


Fig. 22. — Essais avec transformateurs en service, montés d'après la figure 6 et avec plaques de terre installées.

TABLEAU III.

LECTURES RECTIFIÉES DES AMPÈREMÈTRES						LECTURES FAITES SUR LE FIL TÉMOIN				FONCTIONNEMENT DU MORSE		OBSERVATIONS
						Milliamp. induits.		Volts induits.				
A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	Sans Morse.	Avec Morse.	Sans Morse.	Avec Morse.	Direct.	Avec sel sol. 200000	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
40	0	40	0	38	39	(a') 22,3	(b) 4,1	11,1	7,3	Bon		Résistance montage a' : 5000
80	0	79,5	0	79	80	40,2 (a1)	9,6	20,15	17,2	Id.		Résistance montage a_1 : 4110
110	0	105	10	102	109	68	14,7	28	26,4	Id.		Résistance montage b : 9800
150	0	130	15	125	150	96	23,5	39,3	42,3	Vibration	Bon	Impédance montage b : 17910

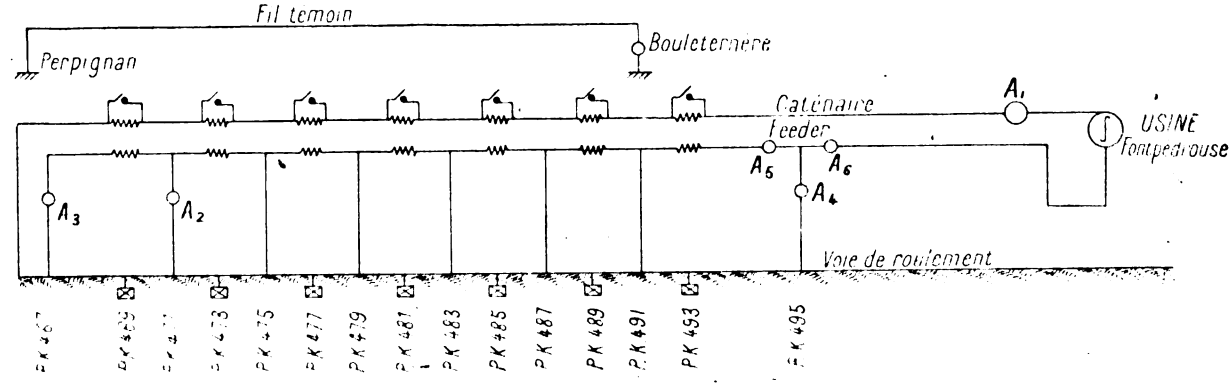


Fig. 23. — Essais avec transformateurs en service, montés d'après la figure 5, et avec plaques de terre installées.

TABLEAU IV.

LECTURES RECTIFIÉES DES AMPÈREMÈTRES						LECTURES FAITES SUR LE FIL TÉMOIN				FONCTIONNEMENT DU MORSE		OBSERVATIONS
						Milliamp. induits.		Volts induits.				
A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	Sans Morse.	Avec Morse.	Sans Morse.	Avec Morse.	Direct.	Avec sel sol. 200000	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
40	0	37	0	38	40	(a') 22	(b) 4,2	11	7,5	Bon		Résistance montage a' : 5000
80	0	77	0	74	80	(a') 45 (a1)	9,2	22,5	16,5	Id.		Id. a_1 : 4110
110	0	102	10	97	110	69 (a1)	15,2	28,2	25,3	Id.		Id. b : 9800
150	0	112	18	123	150	99	24,2	40,5	43,5	Vibration	Bon	Impédance montage b : 17910

Digitized by Google

n° 4, on peut dire que les 4 km de ligne non compensée entraînent une perturbation propre de 7 v environ par 100 a de débit et par kilomètre de parallélisme sur la partie située entre le PK 467 et le PK 471.

Le chiffre de 7 v est inférieur à celui de 11 v que nous avons indiqué ci-dessus et qui correspondait à la perturbation observée pendant des essais réalisés sur la section de Perpignan à Prades. Cette différence doit être due, d'après nous, au fait que, sur la longueur de 4 km en question, une partie importante du courant de retour circulait par les rails, alors qu'entre Perpignan et Prades (40 km) presque tout le courant revenait à l'usine génératrice par le sol [1].

Essais n° 6. — Les derniers essais effectués ont consisté dans l'évaluation, pendant une journée et durant la circulation des trains, des tensions induites :

1° Sur un fil témoin établi entre Perpignan et Bouleternère (26 km) ;

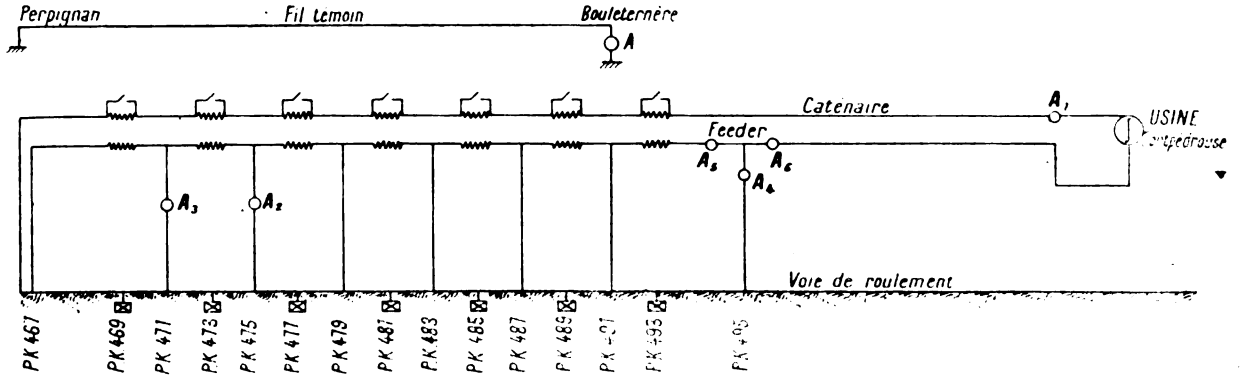


Fig. 24. — Essais avec 6 transformateurs en service, montés d'après la figure 5, et un appareil hors de service, avec plaques de terre installées.

Tableau V.

Lectures rectifiées des ampèremètres						Lectures faites sur le fil témoin				Fonctionnement du Morse		Observations
						Milliamp. induits.		Volts induits.				
A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	Sans Morse.	Avec Morse.	Sans Morse.	Avec Morse.	Direct.	Avec schéma correct.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
40	0	37	0	38	40	40 (40)	11,5 (16)	16,4	30,7	Bon		Résistance montage a_1 : 41 ω
80	0	77	0	73	80	75	20,3	30,7	36,3	Bon		Résistance montage b : 98 ω
110	0	103	10	97	110	130	25,7	53,3	46,3	Mauvais	Bon état	Impédance montage b : 179 ω
140	0	113	18	123	140	225	31,5	92,3	71,1	Mauvais	Mauvais	

2° Sur un fil témoin disposé entre Perpignan et Prades (40 km).

Sur les figures 25 et 25 *bis* sont indiqués :

I. — Le graphique de la marche des trains qui ont eu lieu le jour des essais ;

II. — La puissance, l'intensité et le voltage mesurés sur les barres de distribution de l'usine génératrice ;

III. — L'intensité et la tension du courant perturbateur sur le fil témoin de Perpignan à Bouleternère de 516 ohms de résistance totale ;

IV. — La tension du courant perturbateur sur le fil témoin de Perpignan à Prades de 165 ohms de résistance totale ;

V. — Le schéma de montage de la ligne de traction.

Nous ferons remarquer, au sujet de ce montage, que sur la section de 18 kilomètres sur laquelle n'existent pas de transformateurs-suceurs (PK 495 au PK 513 100 de

[1] Cette explication est très plausible, car à la suite d'essais effectués aux chemins de fer du Midi, il a été remarqué que la courbe de répartition du courant dans les rails variait avec la distance du locomoteur à la sous-station et que la diminution de cette distance était favorable à la circulation du courant dans la voie de roulement.

Digitized by Google

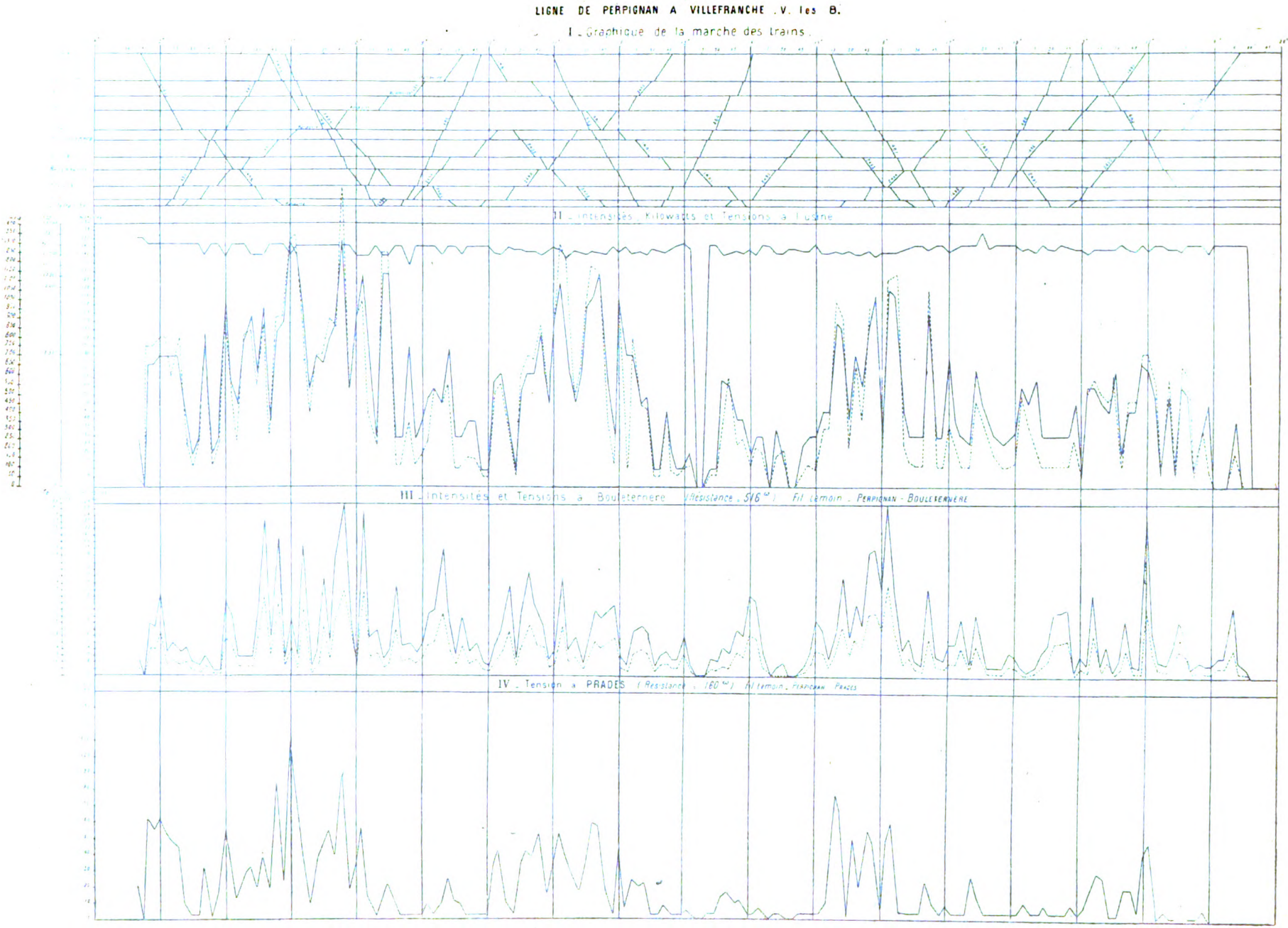


Fig. 25. — Essais avec transformateur en service pendant la circulation des trains.

Legende : Sur le graphique II, la courbe en trait plein supérieure représente la tension en volts, la courbe en trait pointillé représente la puissance en kilowatts et la courbe en trait plein inférieure l'intensité en ampères.
Sur le graphique III, la courbe en trait pointillé représente la tension en volts, et la courbe en trait plein l'intensité en ampères.

Digitized by Google

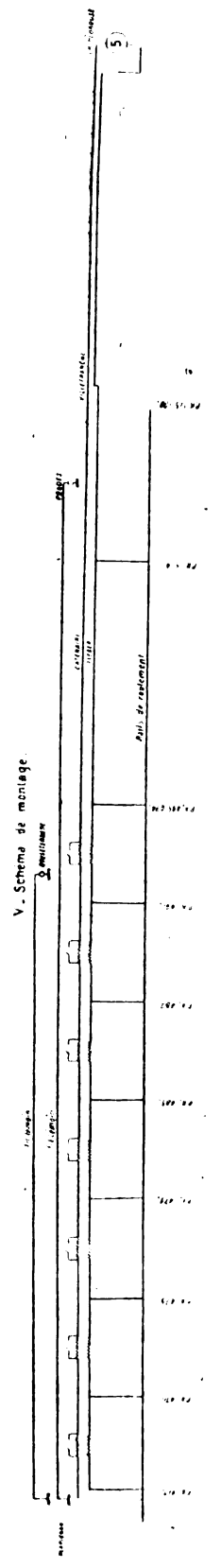


Fig. 25 bis.

la gare de Villefranche) nous avons placé au P K 504 une connexion entre le conducteur de retour et le rail. Cette disposition a pour effet de réduire de moitié la tension perturbatrice totale sur la section considérée. Ainsi, si un train se trouve par exemple au P K 495 500, le courant de retour revenant à l'usine génératrice par les rails et le sol entre le P K 495 500 et le P K 504 produira une perturbation deux fois plus faible que celle qu'entraînerait la circulation de ce courant du P K 495 500 au P K 513 100.

Le courant perturbateur a atteint sur le fil témoin de Perpignan à Bouleternère une intensité maximum de 26×10^{-3} A pour une résistance de la ligne de 516 ohms.

Si l'essai avait été fait avec un fil télégraphique ordinaire en fer de 4 mm de diamètre, 12 ohms environ par kilomètre et avec un appareil Morse de 500 ohms et de 15 henrys, placé en série sur la ligne, cette intensité n'aurait été que de :

$$\frac{26 \cdot 10^{-3} \cdot 516}{\sqrt{800^2 + 15^2 \cdot 10^6}} = 7{,}6 \cdot 10^{-3} \text{ A.}$$

Comme, pour avoir des transmissions satisfaisantes, le courant de travail ne peut être inférieur à cinq fois le courant perturbateur, la force électromotrice de la pile de transmission devait être, dans ce cas, de $5 \times 7{,}6 \times 10^{-3} \times 800 = 30$ v pour permettre l'échange de communications satisfaisantes sans dispositif de protection.

La tension induite sur le fil en question n'a pas dépassé 13 v. Cette induction permettrait non seulement les transmissions avec des appareils du type Morse mais encore avec des appareils rapides tels que le Baudot et le Hughes.

Sur le fil témoin Perpignan-Prades, protégé seulement sur une partie de son parcours, la tension perturbatrice a été au maximum de 120 v.

* * *

En présence des résultats obtenus avec les transformateurs-suceurs sur la section de Perpignan à Bouleternère, la Compagnie des chemins de fer du Midi a décidé de continuer l'installation de ces appareils jusqu'au point terminus de la ligne de Perpignan à Villefranche. Ces transformateurs seront toutefois placés à une distance de 3,500 km les uns des autres, et leur puissance sera prévue pour un débit maximum de 200 A. Ces modifications sont justifiées par le profil de la ligne sur la section de Bouleternère à Villefranche et par l'intensité plus importante qui circule dans la ligne caténaire à mesure que l'on se rapproche du point d'alimentation qui se trouve à Villefranche.

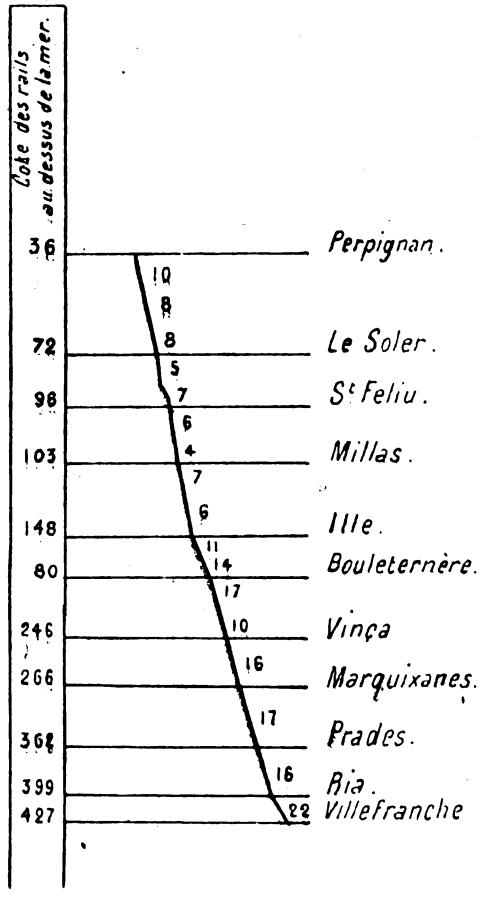


Fig. 26. — Profil de la ligne de Perpignan à Villefranche.

Nous exposerons ultérieurement les résultats des essais qui vont être entrepris sur cette nouvelle section.

CH. DACHARY.

Digitized by Google

Organisation moderne d'une entreprise de construction de petit matériel électrique

Dans cet article, l'auteur donne des renseignements pratiques très intéressants sur la façon moderne d'organiser une entreprise de construction de petit matériel électrique, tant au point de vue du personnel qu'au point de vue de l'aménagement des bureaux et ateliers et du fonctionnement des divers services. Les principes qu'il expose sont d'ailleurs applicables avec succès à toute usine quelle que soit son affectation.

Il est relativement facile d'appliquer les principes d'organisation scientifique aux grandes usines spécialisées dans la fabrication en série d'un seul objet; de nombreuses fabriques d'obus sont des modèles d'usines modernes.

Les mêmes principes sont applicables à toutes les

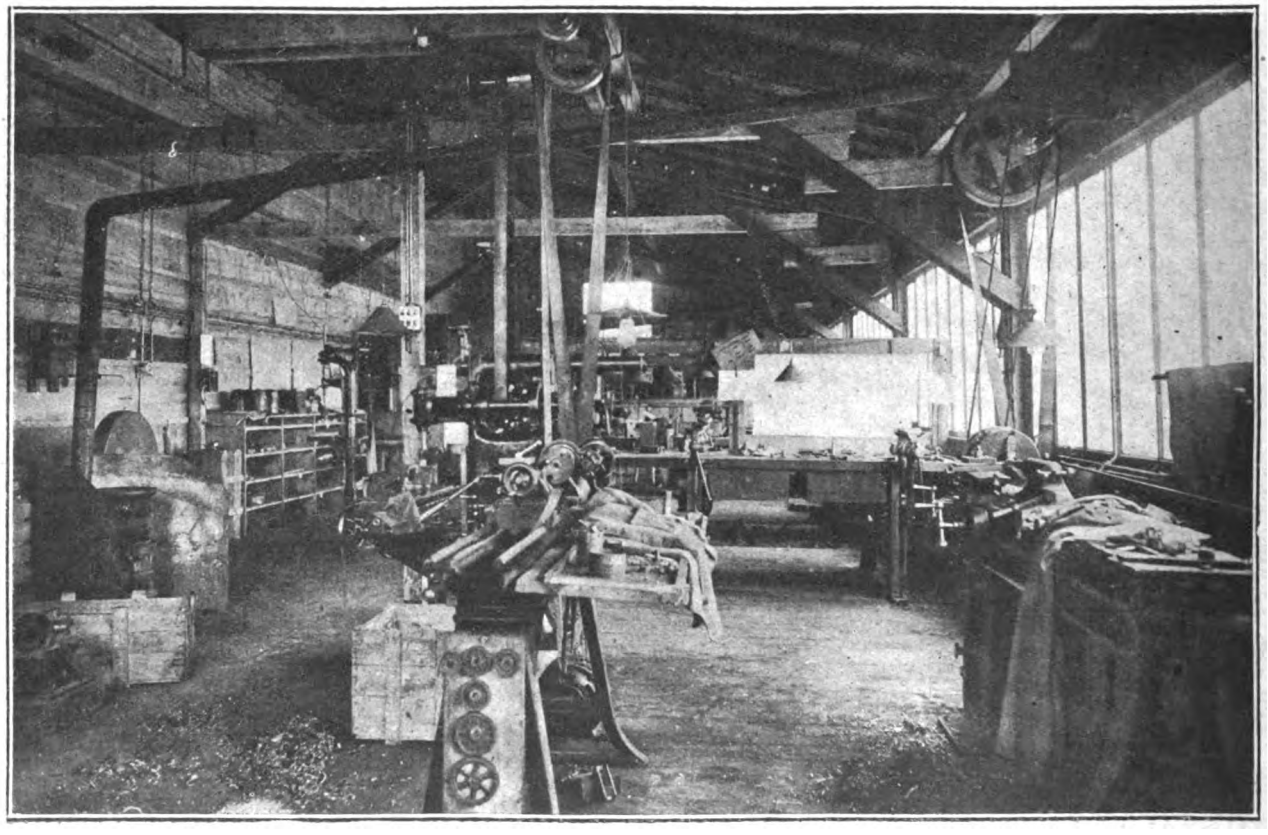


Fig. 1. — Un atelier qu'il ne faut pas imiter (1).

industries, mais l'adaptation est particulièrement délicate lorsqu'il s'agit de fabriquer en même temps, dans une usine de petite ou de moyenne importance, vingt ou trente séries contenant un nombre relativement faible d'unités. C'est le cas le plus fréquent de la construction de machines électriques, où l'on ne peut se limiter à la

(1) *Parquet encombré* de déchets de tournures. — *Vêtements* sur les machines, chaussons sous les établis (pas de vestiaire, pas d'hygiène). — *Chauffage* par poêles (coûteux, grosse consommation de charbon, risques d'incendie, nécessité d'un personnel nombreux pour le transport du combustible et l'entretien des poêles). — *Outils et pièces* dans l'atelier, à la disposition de tout le monde; ceux qui sont sur le parquet sont exposés à être détériorés (gaspillage). — *Etablis* disposés pour des ouvriers se faisant face, ce qui facilite les conversations. — *Manutention* à l'aide de caisses quelconques difficiles à transporter (perte de temps, nécessité de beaucoup de manœuvres). — *Surveillance* difficile, en raison de l'encombrement et de la disposition défectueuse. — *Mauvais éclairage* venant d'un seul côté (perte de temps, mauvais rendement).

Digitized by Google

fabrication d'un seul type de machines d'une puissance unique.

Ce travail d'adaptation vient d'être fait dans une usine de création récente, où une organisation moderne a donné des résultats très satisfaisants, bien que le nombre de types différents de machines et appareils divers fabriqués en douze mois ait dépassé la trentaine, la série la plus forte ayant atteint 4 000 unités, tandis que la série la plus faible n'en comptait que 25.

Il convient de remarquer, en outre, qu'il s'agit d'objets plutôt compliqués, chacun d'eux contenant en moyenne environ 200 pièces. On se rendra même compte de la valeur de cette observation si nous ajoutons que l'un de ces objets, et non le plus compliqué, est un petit alternateur monophasé à 900 périodes avec son excitatrice sous flasque.

Nous avons pensé qu'il ne serait pas sans intérêt de faire connaître, sur ce cas concret, assez complexe, comment le problème de l'organisation avait été résolu.

Mais auparavant rappelons quelques principes.

Le but du patron est d'accroître la différence entre le prix encaissé pour ce que son usine a produit, et le montant des dépenses effectuées pour cette production, ces dépenses comprenant et les amortissements nécessaires et l'intérêt du capital engagé.

L'ouvrier cherche un bon salaire, mais il considère aussi à combien de temps et de fatigue correspond sa paye (1).

Ces deux points de vue, celui du patron et celui de l'ouvrier, ne sont pas en opposition. Les deux intéressés ont des destinées parallèles, car, plus l'industrie prospère, plus les salaires sont élevés, et quoi qu'on puisse dire, plus il y a de bien-être et d'avenir pour les travailleurs et les fils des travailleurs, qu'ils

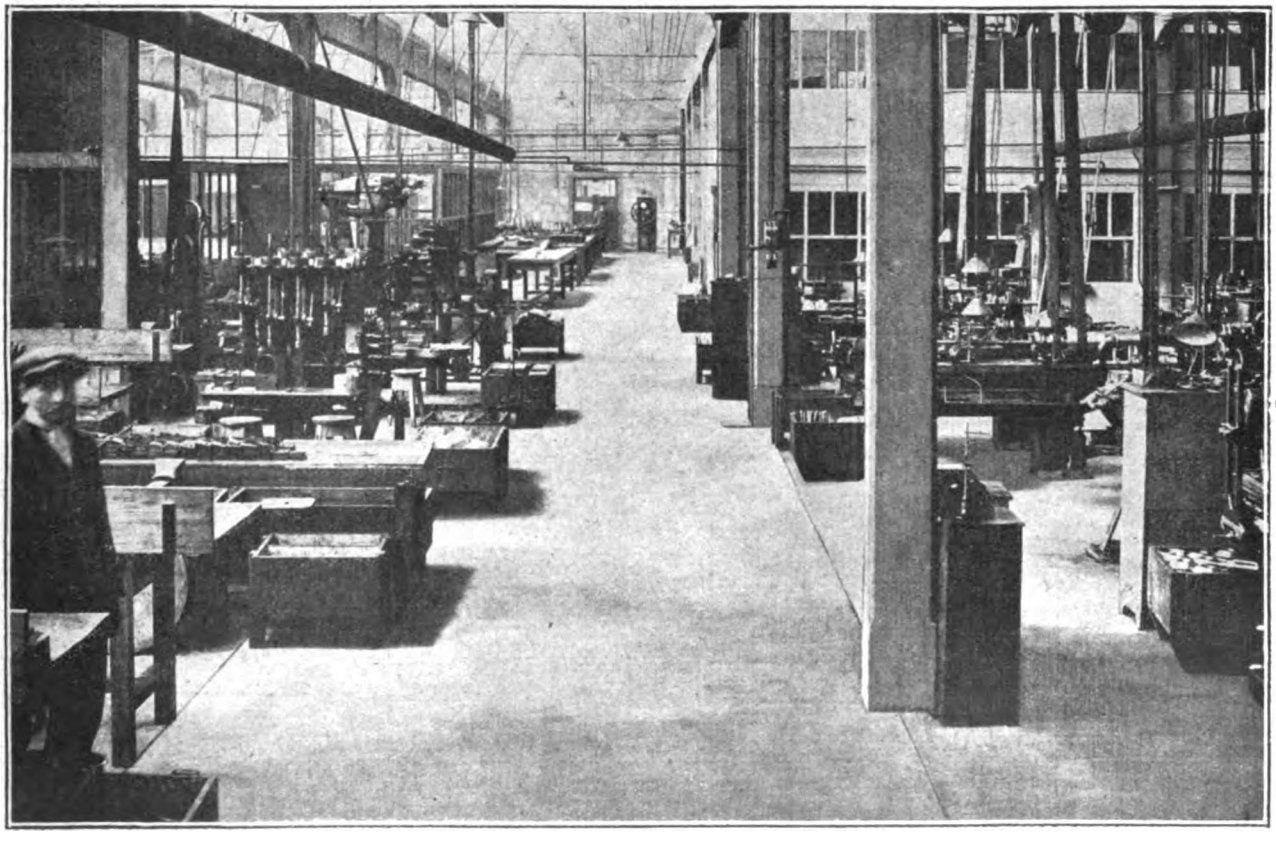


Fig. 2. Un atelier moderne (2).

(1) Il peut paraître étrange à certains, dans les circonstances actuelles, que les préoccupations d'intérêts particuliers soient envisagées avec une telle brutalité ; sans chercher à justifier le choix de notre point de départ par des raisons psychologiques, ce qui ne serait d'ailleurs que trop facile, nous nous bornerons à faire observer que les règles auxquelles nous aboutirons en partant de ces considérations égoïstes, sont absolument les mêmes qui permettent de fournir le rendement maximum pour la fabrication du matériel de Défense nationale : le temps est de l'argent ; économiser le temps, l'outillage, tirer le meilleur parti de l'installation établie, du capital engagé, n'est-ce pas économiser et l'argent et les hommes, et, par suite, travailler au mieux de l'intérêt général ?

(2) Tous les inconvénients de l'atelier précédent sont évités.

Digitized by Google

soient patrons, ingénieurs, contremaîtres ou simples ouvriers (1).

Les conflits entre patrons et ouvriers sont plus rares dans les pays où l'industrie va bien. Même s'il s'en produit un, dans une entreprise qui connaît le succès, il ne peut exister, pour le solutionner, de meilleur terrain d'entente que la prospérité même de l'affaire. Les règles pratiques d'administration que nous indiquons comportent d'ailleurs un appel à la collaboration des ouvriers dans la direction de l'entreprise.

Or, il suffit de réfléchir un instant pour remarquer, qu'à part de rares exceptions, la cause principale de la réussite industrielle est *un prix de revient bas*, tandis que la chose à laquelle un ouvrier est évidemment le plus sensible est *un salaire élevé !*

Réaliser ces deux objets, qui semblent à première vue inconciliables, c'est assurer la vie large à l'industrie et c'est contribuer à la paix sociale, qui sont les deux facteurs les plus importants du relèvement d'un pays.

L'étude des méthodes ayant pour objet la conciliation de ces deux points de vue est donc d'une importance qui ne saurait échapper à personne.

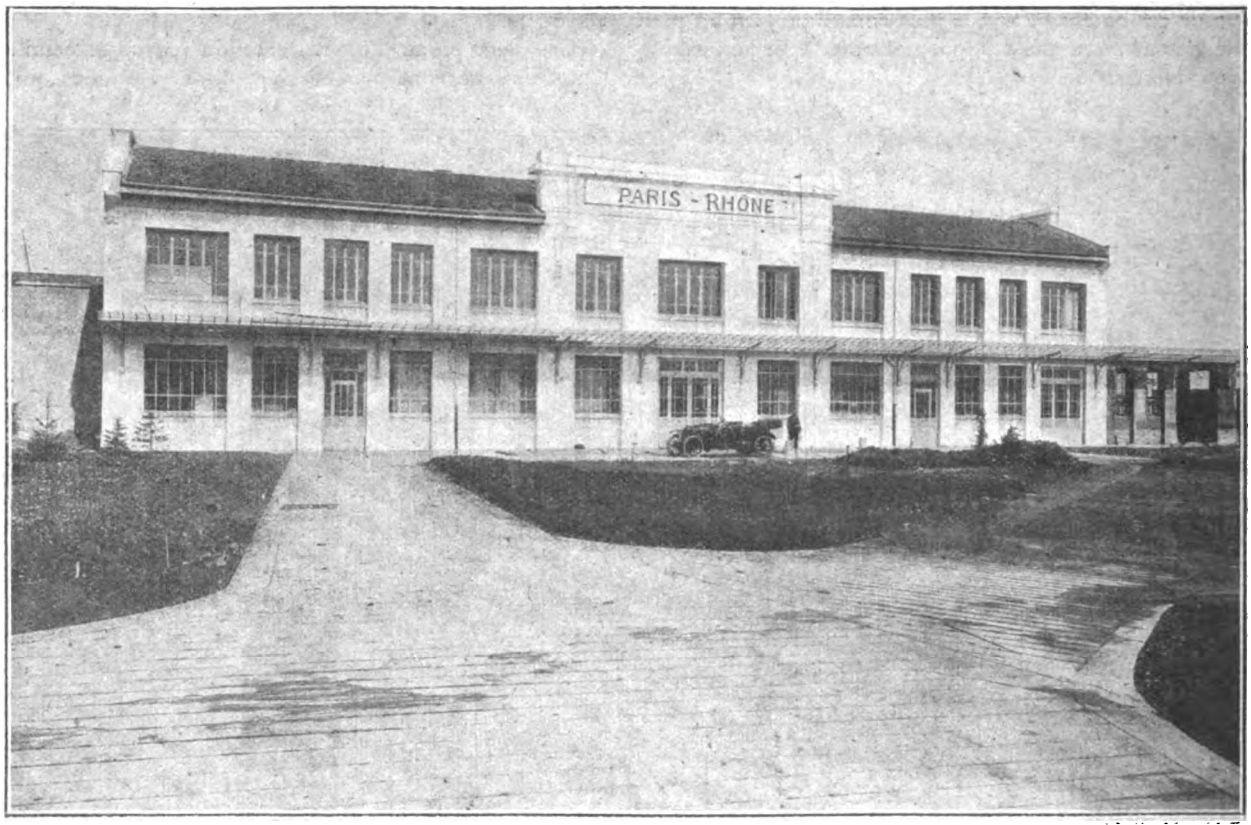


Fig. 3. — Une usine où les ouvriers et employés ne manquent ni d'air ni de lumière.

Les principes de cette science de l'organisation ne sont d'ailleurs point nouveaux, et c'est à tort qu'on les attribuerait à F.-W Taylor ou aux célèbres ingénieurs américains (White, Carpenter, Gantt, Hartnen) qui ont écrit sur ce sujet. On sait que Descartes, puis les philosophes du XVIII^e siècle ont exposé tous les principes d'organisation et de division du travail, mais on est cependant obligé de convenir qu'il y a loin du « Discours de la Méthode » aux écrits de F.-W. Taylor et de Carpenter sur l'organisation scientifique des entreprises.

Il ne nous semble pas sans intérêt de préciser encore, sur un exemple concret, car on ne saurait parler trop clairement sur un tel sujet. Il n'y a que des avantages à se montrer terre à terre, à se faire comprendre de tous, et à parler enfin, non pour des philosophes ou des amateurs, mais selon les enseignements pratiques de l'expérience de tous les jours.

C'est ainsi que cette étude est, non plus un exposé de principes, mais une contribution propre à faciliter l'application de ces principes, désormais universellement reconnus comme les meilleurs.

L'heure des discussions concernant la valeur des

(1) Dans les écrits de M. Henry Le Chatelier et de F. Winslow Taylor ces principes sont développés très clairement. Nous ne répéterons pas ces auteurs, qui ont écrit sur ce sujet beaucoup mieux que nous pourrions le faire ; en outre, le but du présent travail n'est point d'exposer des principes, mais de fournir des renseignements pratiques.

Digitized by Google

principes eux-mêmes est, en effet, passée. Peu nous importe que certains s'y attardent encore, mais pour nous, industriels, la question se pose d'une manière simple : il faut savoir suivre ces principes ou renoncer à vivre.

∴

La cause principale des succès inouis obtenus dans certaines usines américaines tient en deux mots :

prévoir et **contrôler**.

Le travail concernant les prévisions est considérable, relativement à ce qui se passe dans la plupart des usines françaises. Tout est exécuté en *projet* et d'une manière détaillée avant d'être commencé. Les durées des opérations, leur succession, les manutentions, les horaires d'occupation des machines, etc., tout est prévu. On assouplit ensuite, pendant l'exécution, en décidant des modifications opportunes.

Le *contrôle* s'exerce *pendant* les travaux, *non après*. Il est *actif*, *présent*, *actuel* et non pas lointain et passif. Il n'a pas un caractère historique, mais il traduit par des chiffres, des images, des graphiques, l'état des travaux,

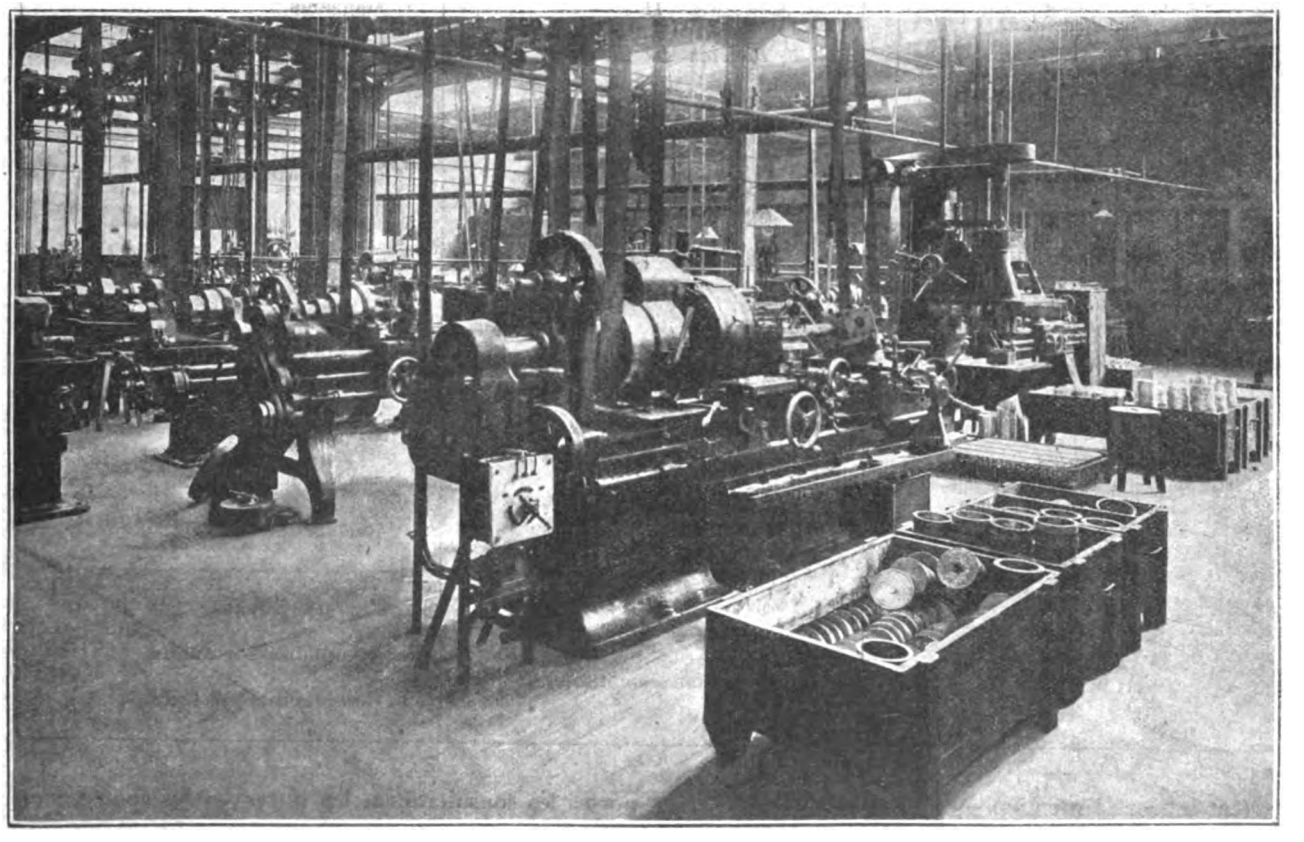


Fig. 4. - Vue intérieure de la même usine.

au fur et à mesure de leur avancement. Il sert de base à la paye, il fournit les éléments du prix de revient ; il permet de tenir à jour un état d'avancement qui est une image vivante du travail en marche dans l'usine.

La prévoyance et le contrôle doivent s'exercer en appliquant le principe de la *division du travail*.

Ces préliminaires exposés, voyons maintenant comment sont appliqués pratiquement les principes que nous avons rappelés.

∴

Organisation générale. — Une bonne organisation doit comprendre :

1° Les *organes de direction avec leur état-major* qui se composent d'agents attachés à la direction et qui sont chargés de rechercher, d'établir, de grouper et de présenter les renseignements et les résultats.

2° Les *comités* qui groupent périodiquement, et toutes les fois que la Direction le désire, des agents de l'état-major et des services autour d'une même table, dans le but de préparer les décisions et d'assurer la liaison entre toutes les bonnes volontés.

3° Les *services* qui sont chargés de l'exécution régulière des travaux selon un programme fixé à l'avance.

Le tableau de la page suivante indique, dans ses grandes lignes, l'organisation répondant à ces conditions.

Digitized by Google

TABLEAU I. — *Organisation générale.*

DIRECTION	DIVISIONS	SERVICES
Actionnaires. (assemblées) *Conseil d'Administration.* (séances)	I *Division technique.* *(Conseiller technique.)*	1. Etudes. 2. Vérification.
Président. *Vice-Président.* *Administrateur-délégué.*	II *Division du Matériel.*	1. Approvisionnements. 2. Magasins. 3. Entretien général. 4. Transports.
Administrateur-Directeur. (Ingénieur.) *Conseiller technique.* (savant) *Directeur de l'usine.* *Etat-major.*	II *Division de fabrication.* *Bureau de fabrication.* { section matières. section opérations.	1. Gros outillage. 2. Petit outillage. 3. Usinage. 4. Bobinage. 5. Montage.
Comités. (Représentants des organes de direction, des services et des ouvriers.)	IV *Division commerciale.* *Bureau central.* { Renseignements. Statistiques. Correspondance.	1. Ventes. 2. Publicité. 3. Réclamations.
	V *Division comptable.*	1. Prix de revient. 2. Comptabilité-matières. 3. Comptabilité générale.

Nous attirons l'attention sur les points suivants :

1° On remarquera que l'administrateur délégué a comme collaborateur immédiat l'administrateur-directeur, que ce dernier est un ingénieur, c'est-à-dire un homme ayant, en même temps qu'une solide instruction générale, des connaissances techniques suffisamment étendues pour que la liaison soit intime entre les techniciens et le Conseil d'administration.

Il importe que les techniciens soient représentés dans le Conseil et il convient que le directeur soit un des administrateurs.

La composition défectueuse des Conseils d'administration a été l'une des causes principales de la faiblesse de l'industrie française avant 1914.

Il faut arriver à la collaboration du financier et du technicien au sein même du *Conseil d'administration*, de même que la collaboration du technicien et du savant doit avoir lieu autant que possible *à l'usine*, au laboratoire de l'usine, et non dans les mémoires, les rapports, les consultations, les livres ou les conférences.

2° C'est précisément l'objet de notre deuxième remarque; la Direction doit être assistée d'un savant, qui n'est pas obligatoirement attaché exclusivement à l'entreprise, mais lui procure cependant une collaboration suivie. On retrouve évidemment près du chef de la division technique ce conseiller savant, auquel seront posés tous les problèmes intéressant, ou l'avenir, ou les affaires immédiates de la Société.

3° La Direction est assistée d'un état-major, dont les fonctions sont énumérées ci-dessous.

Fonctions de la direction et de son état-major (1). — Les travaux sont groupés dans les sections qui sont indiquées plus loin.

(1) Lire C.-E. KNŒPPEL. « Comment améliorer le rendement », 260 pages. *Engineering Magazine Company*, New-York 1916.

Digitized by Google

Le directeur confie chacune des sections à un membre de l'état-major. Selon l'importance de l'entreprise, plusieurs sections peuvent être confiées à un même agent.

Le directeur étudie dans leur ensemble les questions étudiées dans chaque section, et il les examine en liaison les unes avec les autres.

PREMIÈRE SECTION : *Organisation et personnel.* — Les travaux de cette section sont :

Tableau des services, liste des employés.

Programme de la besogne de chaque service et de chaque employé.

Règlements.

Établissements des modèles d'imprimés, fiches, tableaux, graphiques et tous documents concernant l'organisation.

DEUXIÈME SECTION : *Conditions de travail et matériel.* — Cette section est chargée des questions suivantes :

Bâtiments et aménagements : devis des modifications à proposer.

Les bâtiments, les bureaux, les magasins, etc., sont-ils trop grands? trop petits? Recherche des espaces perdus.

Moyen de manutention.

Études en vue de l'achat ou de la construction de machines-outils.

Étude de l'installation des machines (moteurs, transmissions).

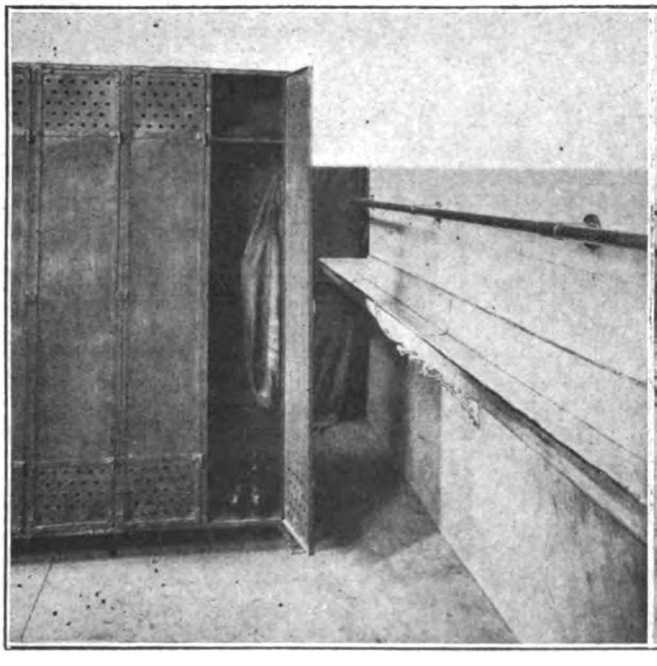


Fig. 5. — Vestiaire moderne hygiénique : chaque ouvrier a son armoire, un lavabo permet les soins de propreté.

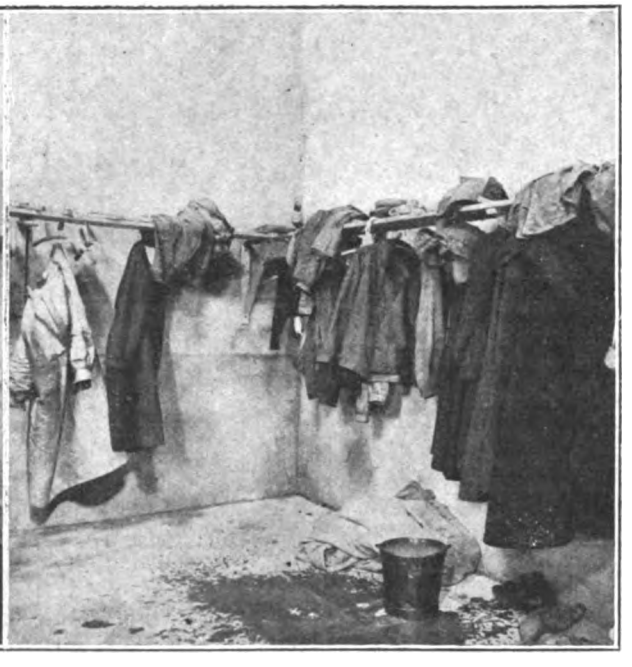


Fig. 6. — Vestiaire qu'il faut faire disparaître à tout prix pour éviter la propagation des maladies contagieuses.

Chauffage, éclairage, ventilation.

Hygiène.

Retraites ouvrières, assurances, travail des femmes, des enfants, apprentissage, amélioration du bien-être des ouvriers, cantine, réfectoires, crèches, jardins ouvriers.

Œuvres de solidarité, secours, ouvriers âgés, famille des ouvriers.

Rapports avec l'inspection du travail.

Étude des desiderata des ouvriers, de ce qui les intéresse, de ce qui les fatigue ou les ennuie.

Recherche des moyens de concilier leurs désirs et leurs intérêts avec l'intérêt de l'entreprise.

Règlements généraux. Règles pour l'avancement des ouvriers et des employés.

Établissement des contrats de travail, des règles de discipline, des moyens propres à assurer l'avancement et le choix des chefs.

Réclamations.

Contentieux avec le personnel.

TROISIÈME SECTION : *Programme des travaux.* — A cette section revient l'étude des questions qui suivent :

Détermination des appareils à fabriquer, des quantités à faire selon les quantités commandées et les quantités favorables (relation entre le prix unitaire et la quantité à mettre en fabrication).

Choix des matières et fournitures, uniformité, qualité, prix, adaptations et équivalences.

Délais pour obtenir les matières et renseignements sur fournisseurs.

Fixation des limites (maximum et minimum) des approvisionnements.

Dispositions à proposer pour assurer la continuité du travail aux machines et aux ouvriers.

Analyse des travaux.

Ordre de passage des travaux analysés.

Propositions de modifications des programmes, au fur et

Digitized by Google

à mesure de leur exécution, pour assurer la régularité de l'arrivée des travaux à la fabrication.

Propositions des matières et fournitures à mettre à la disposition des ateliers. Revision constante des dispositions prises selon les circonstances.

Il faut toujours avoir du travail qui soit prêt à mettre en main dans le cas où un travail en cours serait suspendu pour une raison fortuite.

Recherche des causes de ralentissement de certains travaux et des moyens de les éviter.

Liaison entre la Division de fabrication et les autres Divisions ; desiderata du chef de fabrication.

Quatrième section : *Standardisation.* — Standardiser c'est appliquer tous moyens capables d'économiser le temps ; cette section est donc chargée :

a) Des aménagements ;
b) Des règlements ;
c) Des méthodes ;
d) Des matières, pièces, approvisionnements, dessins ;
e) Des opérations.

On trouvera plus loin, un chapitre spécial sur la standardisation.

Cinquième section : *Recherches des moyens propres à l'accroissement du rendement.* — Le but de cette section est d'économiser le temps et l'argent ; elle s'occupe dès lors des :

Contrôle des temps, délais, états d'avancement.
Contrôle des prix de revient.
Contrôle des prix obtenus dans l'usine et des prix obtenus dans d'autres usines.
Contrôle de la bonne fixation des temps de base.
Contrôle de l'exactitude des inscriptions sur les fiches.
Calculs des rendements.
Calculs des primes.
Statistiques des temps et des salaires.
Causes des mauvais rendements.
Causes des retards.
Recherches des responsabilités.
Etablissement des rapports proposant des mesures pour accroître les rendements (matières ; main-d'œuvre à l'usinage, au bobinage et au montage ; machines ; manutention ; opérations).
Recherches des causes qui empêchent l'extension de la standardisation.

Sixième section : *Secrétariat. Analyse et statistique.* — Les questions du ressort de cette section sont :

Correspondance.
Dactylographie.
Classement des lettres et de tous documents.
Classement et examen critique des travaux des autres sections de l'état-major.
Propositions à rejeter et propositions à retenir. Pourquoi ?
Comment appliquer les propositions retenues ?
Comparaison entre les prévisions et les réalités.
Tableaux, graphiques, statistiques.

Les Comités. — L'état-major prépare les programmes et les décisions. Ses membres proposent, expriment des desiderata, établissent des projets.

Avant de décider, d'appliquer, il faut étudier, *en Comité*, les moyens et les conséquences d'application.

Le directeur décide *après* la discussion en Comité.

Ensuite, ce sont les *Services* qui appliquent les méthodes et les règles selon lesquelles les travaux sont exécutés.

Les questions importantes sont soumises aux Comités.

Les Comités sont réunis à des jours et heures fixes, sauf dans les cas d'urgence où les Comités pourront être réunis exceptionnellement.

Les décisions des Comités doivent être prises à l'unanimité : s'il n'y a pas unanimité sur une question, elle est soumise aux administrateurs.

Chaque Comité se tient dans la forme la plus simple et la plus expéditive. Un ordre du jour des questions à trancher est établi d'avance ; chaque membre peut proposer ou soulever une question nouvelle. Un procès-verbal, court mais précis, est toujours rédigé pendant la séance par un secrétaire (employé avec machine à écrire).

Bien que la composition des Comités soit donnée ci-dessous, à titre d'exemple, tout employé peut être convoqué pour prendre part à un Comité si cela est utile.

Comité technique. — Il est chargé des questions techniques et commerciales ; il comprend :

L'administrateur-directeur et les administrateurs compétents ;
Le directeur de l'usine ;
Le chef de la Division technique ;
Un ou plusieurs chefs de service et de section de la Division technique ;
Le chef de la Division de fabrication ;
Le chef de la Division commerciale ;
Le conseiller technique de la société.

Comité de fabrication. — Il s'occupe des opérations, du petit outillage et de la vérification ; il comprend :

Le directeur de l'usine ;
Les membres de l'état-major chargés des sections intéressées ;
Le chef de la Division de fabrication ;
Le chef de la Division technique ;
Le chef des Achats ;
Ceux des chefs d'atelier intéressés par les questions à résoudre ;
Les employés du Bureau de fabrication utiles.

Comité des installations. — Il est chargé des aménagements et du gros outillage ; il comprend :

Le directeur de l'usine ;
Les membres de l'état-major chargés des sections intéressées ;

Digitized by Google

Le chef de la Division de fabrication ;
Le chef de la Division du matériel ;
Le chef de la Section du gros outillage.

COMITÉ DES MATIÈRES. — Il s'occupe des achats et des qualités et prix des matières et fournitures ; il comprend :

Le directeur de l'usine ;
Le chef de la Division de fabrication ;
Le chef des Achats ;
Le chef de la Vérification ;
Les chefs d'atelier utiles.

COMITÉ DU PERSONNEL. — Ses attributions portent sur les salaires, l'avancement, la discipline, les heures de travail ; il comprend :

Deux administrateurs compétents ;
Le directeur de l'usine ;
Les chefs de divisions et les chefs d'atelier intéressés ;
Trois représentants élus par les ouvriers.
(Les ouvriers et ouvrières qui font partie du personnel depuis plus de deux ans ont 4 voix, ceux qui en font partie depuis plus d'un an ont 2 voix. Toutefois les apprentis ne votent qu'après un an de séjour et n'ont droit à 2 voix qu'après 2 ans.)

COMITÉ SUPÉRIEUR. — C'est à lui qu'incombe le soin de prendre des décisions importantes selon les questions posées par les autres Comités ; il comprend :

Deux administrateurs ;
Le directeur de l'usine ;
Les chefs de divisions ou chefs de service faisant fonctions de chefs de division.
Eventuellement : un ou plusieurs des délégués ouvriers.

Remarque — Les employés et les ouvriers devront être encouragés, non seulement par des augmentations de salaires selon leur travail, mais il importe encore plus de faire arriver à des grades, à des situations morales et matérielles plus élevées, ceux qui sont dignes d'y accéder. Beaucoup d'hommes intelligents, mais peu instruits en raison de leur origine modeste, travaillent avec persévérance et acquièrent des connaissances sérieuses lorsqu'ils y sont encouragés, lorsqu'ils aperçoivent la possibilité d'arriver à une meilleure situation. Le patron qui considère son propre intérêt d'un point de vue élevé ne peut méconnaître l'avantage de favoriser ces aspirations.

Dans l'usine où les règles pratiques exposées dans le présent travail se trouvent en application, il n'y a pas un des contremaîtres qui n'ait été choisi parmi les ouvriers de l'usine elle-même. Au fur et à mesure des développements, des ouvriers sont nommés, l'un contremaître, un autre expert, outilleur, etc... Les ouvriers savent qu'ils feront un jour partie d'une telle promotion, s'ils en ont appris assez long pour devenir dignes d'être chefs à un moment donné.

Les manœuvres sont invités à devenir des « compagnons », on leur fait apprendre un « métier ». Nous sommes ainsi arrivés au résultat suivant : il n'y a plus de manœuvres français, tous ont pu devenir ouvriers, les manœuvres sont des émigrants grecs.

L'instruction des apprentis se fait dans chaque atelier.

Ces diverses règles ont eu pour conséquence d'amener le personnel à avoir de la considération et du respect pour l'ouvrier, surtout le bon ouvrier. Les équipes ont chacune leur « as ». L'ouvrier n'est plus une unité numérotée, interchangeable, nomade entre diverses usines. C'est un collaborateur qui s'attache à son usine, car il sait qu'il ne trouvera pas, dans une autre, les mêmes droits acquis, les mêmes considérations, les mêmes états de service en faveur d'un avancement probable.

De jeunes employés occupés aux écritures sont venus solliciter des places d'apprentis afin d'obtenir un jour *l'honneur d'être promus ouvriers*.

Les Services. — Les services sont groupés en cinq divisions dont nous allons examiner les fonctions.

Division technique. — Le tableau II indique les services, sections et travaux de cette division.

TABLEAU II. — *Division technique.*

SERVICES	SECTIONS	RÉSUMÉ DES TRAVAUX
ÉTUDES	1. *Projets.*	Croquis, dessins, calques. Tirages sur bleus. Feuilles de calculs, nomenclatures
	2. *Travaux pratiques.*	Expériences. Construction des appareils modèles, atelier des modèles, magasin des modèles.
	3. *Brevets.*	Brevets. Renseignements. Bibliothèque, ouvrages techniques. Revues françaises et étrangères.
VÉRIFICATION	1. *Contrôles des matières et fournitures.*	Contrôle à l'arrivée de tout ce qui vient de l'extérieur.
	2. *Contrôle mécanique.*	Contrôles des dimensions (tableaux de tolérances, outillage de vérification, opérations de contrôle, classement des résultats, rapports et statistiques).
	3. *Contrôle électrique.*	Essais électriques des bobinages et des schemas. Essais de marche des machines fabriquées.

Remarque. — Les appareils modèles ne devant absolument pas être établis dans les ateliers affectés à la construction en série, il importe que la Division technique dispose d'un atelier spécial contigu au Laboratoire, et si possible au Bureau de dessin.

Ce système, quelque coûteux qu'il puisse paraître, est

Digitized by Google

beaucoup moins onéreux que la fabrication des appareils modèles dans l'atelier principal.

Il importe que le personnel technique et particulièrement du Bureau des projets vive avec un atelier, avec des appareils, des outils, des machines et non pas avec des dessins, des calculs, des schémas.

Division du matériel. — Le chef de cette Division est le chef du Service des approvisionnements, et il s'occupe personnellement de la Section des achats ; le tableau III indique les travaux dont est chargée cette Division.

Remarque I. — Nous attirons l'attention sur la fiche d'approvisionnement dont ci-joint un exemple (fig. 7).

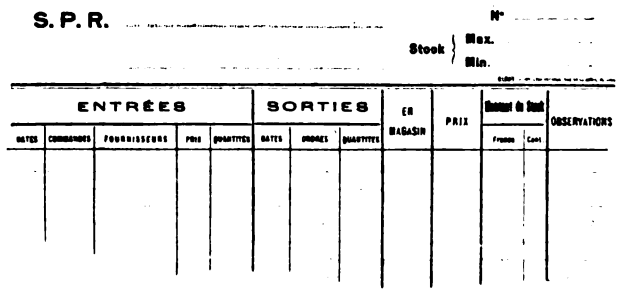


Fig. 7.

Voici les renseignements donnés par ce document, tenu par une employée à 6 fr par jour :

1° Quantité de matière actuellement disponible au magasin (inscription à l'encre noire) ;

2° La fabrication a besoin de *telle quantité* à *telle date*, pour *tel ordre* de telle matière (inscription à l'encre bleue) ;

3° Il rentrera *telles quantités* de telle matière à *telles dates* si les fournisseurs tiennent leurs engagements (inscription à l'encre rouge).

Remarque II. — Tandis que le document qui donne les précieux renseignements précédents ne coûte que 6 fr par jour, le graphique des affectations coûte encore moins cher et rend également d'excellents services.

Pour l'établissement de la nomenclature d'un appareil, les différentes pièces entrant dans sa constitution sont tout d'abord groupées par lots, chaque lot comprenant le nombre de pièces nécessaires pour la construction d'un seul appareil ; ces différents lots reçoivent le numéro correspondant du repère de la nomenclature du dessin.

Il suffit d'examiner la photographie ci-jointe (fig. 8), qui représente un graphique d'affectation pour la construction de transformateurs, pour voir que les repères de la nomenclature de l'ordre sont portés en ordonnées et les quantités de fournitures qui rentrent au magasin de départ sont portées en abscisses (au moyen

TABLEAU III. — *Division du matériel.*

SERVICES	SECTIONS	RÉSUMÉ DES TRAVAUX
APPROVISIONNEMENTS	1. *Achats.*	Recherche des fournisseurs. Appel à la concurrence, prix, délais. (Soumettre échantillons au service Vérification.) Prévisions des hausses et baisses de prix. Barèmes. Rédaction des commandes et des marchés. (Tout ce qui est acheté doit passer par la section des achats.) Ordres à donner au service des Transports.
	2. *Mouvements.*	*a*) Inscription des besoins de la fabrication, des prévisions de rentrées et des rentrées réelles sur les fiches d'approvisionnement. *b*) Affectation des matières aux ordres à exécuter. Tenue du graphique des affectations. *c*) Réclamations, liaison avec l'atelier, les magasins et les fournisseurs. Faire intervenir la Direction en rendant compte de tout ce qui se passe au chef de service. Surveillance de la tenue des stocks min. et max. dans les magasins.
MAGASINS	1. *Matières premières.*	*a*) Vérification quantitative à l'arrivage. Inscription sur le livre d'arrivage (indiquer si facture ou non). Mise en dépôt si pas facture. Mise en magasin (si facture) après le visa du vérificateur (vérification quantitative). Envoi des avis d'arrivages à la section des mouvements. *b*) Passage dans les casiers du magasin de matières premières ou passage immédiat au magasin de départ selon les ordres d'affectation et déposés à la section des matières.
	2. *Pièces détachées.*	Entrées et sorties selon les bons visés par la Vérification (1 employée).
	3. *Appareils terminés.*	Entrées et sorties selon les bons visés par la Vérification (1 employée).
ENTRETIEN GÉNÉRAL	1. *Bâtiments et Aménagements.* 2. *Matières. Pièces. Appareils.* 3. *Sécurité.*	Surveillance. Réparations. Propreté. Entretien, établissement d'ordres de réparations pour tout ce qui a été détérioré. Précautions contre l'incendie, contre les accidents, gardiennage.
TRANSPORTS	1. *Emballage.*	Chef d'emballage. Menuisiers.
	2. *Camionnages et cyclistes.*	Chauffeurs, cyclistes. Mécanicien chargé de l'entretien.
	3. *Expéditions.*	Tarifs, Barèmes, Douanes, Octrois.

Digitized by Google

d'une teinte rouge) au fur et à mesure de leur arrivée.

D'un seul coup d'œil on voit quelles fournitures manquent chaque jour pour une série déterminée d'appareils à fabriquer.

Ce graphique est tenu et par le Service des mouvements aux Approvisionnements, et par le Bureau de fabrication où il permet au chef de fabrication d'établir et de modifier ses programmes de travail.

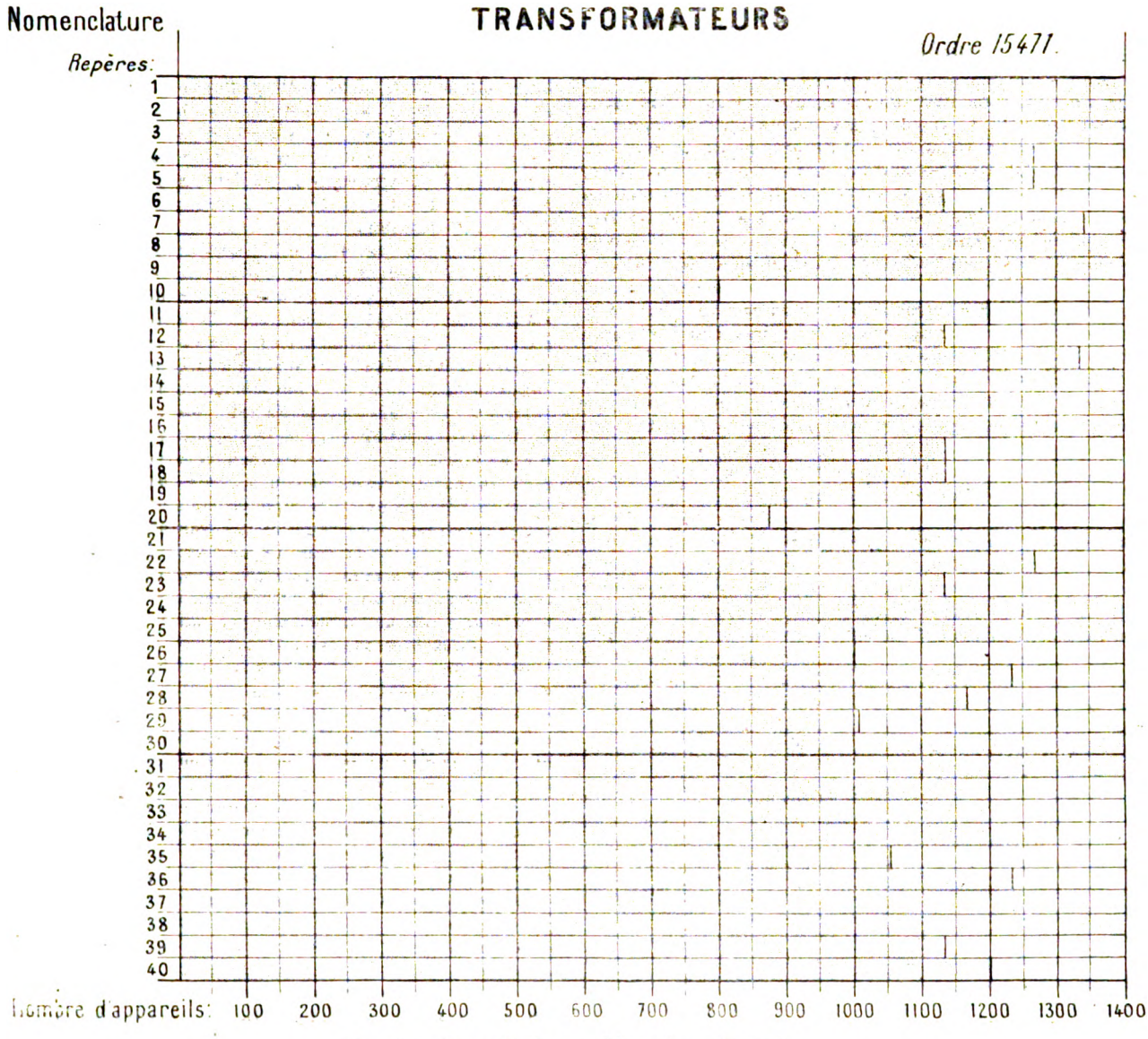


Fig. 8. — Exemple de graphique des affectations.

Remarque III. — Il y aurait beaucoup à dire au sujet des questions d'entretien et de sécurité. Nous nous bornerons ici à signaler que certaines usines françaises nouvelles sont des merveilles d'hygiène, de confort, de propreté. L'influence de ces facteurs sur le rendement de l'usine est cependant indiscutable.

(*A suivre.*) Emile Girardeau.

Digitized by Google

Revues, analyses et informations

Les difficultés mécaniques dans l'évolution de la turbine à vapeur (1).

Il y a encore peu d'années, les agents de vente des maisons de construction de turbines à vapeur avaient coutume de proposer leur marchandise en ayant soin de fournir une longue liste d'accidents et d'incidents relatifs aux machines d'autres constructeurs et assuraient l'immunité absolue en ce qui concernait le type qu'ils proposaient. La seule base pour cette assertion, vraie dans certain cas, était que ce type particulier était relativement récent, et que, par suite, il n'avait pas d'histoire: il s'écoulait généralement peu de temps avant que d'autres agents soient en état d'exploiter les aventures du nouveau type de machine. Les ingénieurs chargés d'installer une machine motrice n'étaient pas loin d'écarter absolument la turbine, puisque toutes les machines amenaient des déboires, et de nombreuses machines à pistons furent installées, en grande partie en raison de cette manière de faire.

En ce qui concerne la rupture des ailettes, on a été longtemps convaincu que seules les turbines à réaction étaient sujettes à ce genre d'accident; l'espace entre les ailettes mobiles et les ailettes fixes étant alors réduit à un minimum, les agents vendeurs de turbines à action ne se faisaient pas faute de faire remarquer combien était grand l'espace entre ailettes fixes et mobiles dans le type de machine qu'ils proposaient. L'expérience montrait cependant que le bris d'ailettes par contact était à peu près aussi fréquent dans les turbines d'action que dans celles à réaction, et que, en particulier à la Skodawerke, presque tous les bénéfices réalisés par le département des turbines étaient absorbés par le remplacement des ailettes brisées par contact avant la fin de la période de garantie.

Le bris d'ailette peut donc se produire malgré le jeu relativement grand ménagé entre elles lorsqu'il s'agit de turbines d'action, et, dans bien des cas, lorsque la turbine comporte une roue d'action et un tambour à réaction, il a été observé fréquemment que le premier contact s'était produit sur la roue d'action, plus particulièrement lorsque la température et la vitesse de la vapeur sont grandes.

Il n'y a aucun doute que ce résultat soit dû à un défaut d'étude ou de choix de matière, ce dernier est très délicat et exige de nombreuses recherches de laboratoire. On sait que l'emploi de l'acier au nickel à 32 pour 100 a été la cause de grands déboires pour l'A. E. G.; l'alliage de bronze de Parsons excellent par les turbines à réaction, employé pour les turbines d'action a causé de graves mécomptes : dans un cas, les ailettes ont été coupées en moins d'une quinzaine.

Une cause de nombreuses ruptures des ailettes réside dans la synchronisation possible entre la période d'oscillation propre de l'ailette, considérée comme un solide vibrant, avec une impulsion périodique produite à l'intérieur ou à l'extérieur de la turbine ; ceci était le cas, suivant l'auteur, pour l'aubage de la dernière roue de la première turbine de grandes dimensions construite par Brown Boveri. Dans le cas de turbines à réaction, les ailettes fixes sont en général supprimées au joint horizontal de la turbine, il y a donc interruption totale ou partielle de l'arrivée de vapeur sur la roue mobile lorsque celle-ci passe au joint; si ce passage périodique coïncide avec la durée d'oscillation propre de l'ailette, la rupture est inévitable, Brown Boveri modifient cette période de vibration en soudant les ailettes sur un fil qui les traverse toutes à mi-hauteur ; cet artifice a donné d'excellents résultats.

Dans le cas de turbines d'action, l'emploi de l'injection partielle a également provoqué des ruptures d'ailettes pour les mêmes raisons que celles indiquées ci-dessus ; le remède est également le même ; occasionnellement cependant, il a conduit à des résultats curieux, par exemple des ailettes renforcées à la base se rompaient à mi-hauteur.

Les premières turbines fonctionnaient avec de la vapeur saturée ou peu surchauffée ; l'emploi des hautes surchauffes fut la cause de nombreux incidents provoqués dans les turbines à réaction par les dilatations inégales du tambour et, pour les deux genres de machines, par la distorsion de la carcasse extérieure provoquée par le manque de symétrie de cette dernière ou par l'inégalité de l'évacuation de la chaleur, provoquant souvent la rupture de l'arbre : il donna lieu aussi à d'autres accidents plus graves encore : dans le cas de la turbine du croiseur « Mainz » construite par l'A. E. G., l'arbre se souda au diaphragme par suite d'une dilatation inégale de la carcasse extérieure.

Une autre cause d'accidents aux turbines résulte des vibrations internes, comme dans le cas de deux turbines de 7 000 kw de l'A. E. G. ; le trouble apporté au fonctionnement était si grand que les turbines étaient incapables de fournir plus que le tiers de leur puissance ; elles durent être entièrement reconstruites.

Avec l'augmentation des dimensions et de la vitesse des roues de turbines, d'autres troubles dus à des vibrations faisaient leur apparition ; dans certains cas, la roue entrait en vibration et formait une surface ondulée demeurant fixe dans l'espace alors que la roue était en rotation; cette déformation amenait le contact avec les diaphragmes fixes et la destruction de la roue, ou tout au moins une usure anormale (1).

L'auteur signale particulièrement, à ce point de vue, le cas de deux turbines de l'A. E. G. développant chacune 20000 kw et exécutées suivant les mêmes dessins. La première assure le service depuis la livraison, sans avoir provoqué le moindre trouble ; l'autre montra à l'essai chez le constructeur la déformation de la roue indiquée ci-dessus et dut être reconstruite en partie.

La différence observée entre les fonctionnements des deux machines peut être due à de très petites différences d'exécution, particulièrement en ce qui concerne le joint de la roue sur l'aube.

E. B.

(1) *Engineering*, 16 février 1917, t. CIII, p. 157-158.

(1) Voir A. Stodola. Sur les oscillations des roues de turbines à vapeur. *Schweizerische Bauzeitung*. 2 et 9 mai 1914. (N. du T.)

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

Assemblées générales

Compagnie française d'éclairage et de chauffage par le gaz.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 21 DÉCEMBRE 1916.

L'Assemblée générale ordinaire des actionnaires de la Compagnie française d'éclairage et de chauffage par le gaz s'est réunie le 23 décembre dernier, et elle a pris connaissance du bilan au 30 juin 1916 que nous reproduisons ci-dessous.

Le compte profits et pertes se solde à son crédit, par une somme de 397 585 fr, déduction étant faite des pertes de l'exercice qui ont été de 437 901 fr, du reliquat des exercices antérieurs qui était de 835 487 fr.

Cette somme de 397 585 fr a été reportée à nouveau, et aucun dividende n'a été distribué aux actions pour cet exercice.

BILAN AU 30 JUIN 1916.

Actif.

	fr
Premier établissement	25 599 079,33
Portefeuille	616 710,94
Caisse et approvisionnements au siège social	22 062,76
A reporter	26 237 853,00
Report	26 237 853,00
Exploitation des usines :	
Approvisionnements généraux	618 551,23
Appareils en location	1 565 513,63
Charbons, cokes, goudrons, gaz en gazomètres, etc.	1 495 312,98
Caisse et débiteurs des usines	1 188 354,52
Débiteurs divers	463 586,27
	31 569 171,63

Passif.

	fr
15 400 actions de 500 fr	7 700 000 »
6 000 actions amorties	3 000 000 »
12 202 obligations amorties	3 660 600 »
Réserve légale	1 070 000 »
Fonds de prévoyance	12 295 555,71
Réserve spéciale d'amortissement	825 246,11
Coupons arriérés d'actions	5 644,40
Obligation restant à rembourser	300 »
Créditeurs divers	2 614 239,56
Profits et pertes	397 585,85
	31 569 171,63

Revues, analyses et informations

La dénonciation des traités de commerce italiens.

Dans le « Bulletin mensuel de la Chambre de commerce française de Genève », du 20 février 1917, M. C. AUGIER publie sur ce sujet la note suivante :

L'Italie a donné l'exemple. Elle a, en effet, dénoncé les traités de commerce qui la liaient au Japon, à la Serbie, à la Roumanie, à la Suisse, à l'Espagne et à la Russie. Ces traités comportaient pour leur dénonciation un préavis d'un an. De cette manière, l'Italie aura recouvré sa complète liberté d'action le 31 décembre de l'année courante.

Il n'a pas été fait mention, dans la notification de dénonciation, des traités conclus avec l'Allemagne et l'Autriche-Hongrie qui ont été annulés par la guerre, pas plus que de l'accord commercial conclu le 21 novembre 1898 avec la France, lequel ne stipule point de délai. Ce dernier accord résulte d'un simple échange de notes et peut être révoqué à tout moment.

Rien n'a été encore décidé dans la Péninsule au sujet du futur régime douanier qui sera adopté après la guerre. Des tendances diverses se manifestent. D'un côté on semble préconiser le maintien du système d'un tarif général et d'un tarif conventionnel résultant de traités à tarifs annexés. D'un autre côté on réclame l'adoption du système français, c'est-à-dire la création d'un tarif minimum arrêté d'avance.

Il est évident que l'évolution dans la politique extérieure de l'Italie entraînera une nouvelle orientation de sa politique commerciale et, à cet égard, l'acte que vient d'accomplir le gouvernement italien démontre que ce dernier entend être prêt à défendre ses intérêts économiques, le moment venu, avec une entière liberté de mouvements.

Le tarif conventionnel italien ne se composait guère que des droits stipulés aux traités de commerce souscrits avec l'Allemagne, l'Autriche-Hongrie et la Suisse, ainsi qu'à l'accord souscrit avec la France. Il n'est pas inutile de rappeler que, lorsque l'Italie a dû renouveler, en 1904 et 1905, ses traités avec les puissances centrales, elle n'avait pas, comme ces puissances, procédé à la refonte de son tarif général. De ce fait, elle s'était trouvée dans une situation difficile et avait dû, pour ne pas nuire à ses intérêts agricoles, accepter des conditions souvent peu satisfaisantes pour son industrie. L'Allemagne notamment et la Suisse,

Digitized by Google

qui pouvait faire valoir que les importations italiennes avaient progressé chez elle dans une sérieuse proportion, tandis que ses exportations en Italie demeuraient à peu près stationnaires, avaient obtenu des avantages marqués.

Les conditions vont certainement être changées. L'Italie, dont les aspirations sont incontestablement très vastes, entend étendre son domaine et elle en attend pour son industrie de grands bénéfices. Cette industrie s'est beaucoup développée au cours de ces dernières années et elle est favorisée par le bon marché de la main-d œuvre. Elle est encore loin de suffire aux besoins nationaux ; mais elle est maintenant débarrassée de la terrible concurrence allemande et peut, dès lors, se mouvoir librement. De nouvelles usines s'élèvent dans tous les coins de la Péninsule et, si ce n'était la pénurie de charbon, leur nombre en serait plus considérable encore.

L'industrie du fer et de l'acier, les manufactures de tissus sont en grand fonctionnement. La France achète beaucoup à l'Italie, depuis la guerre, de fils, de tissus, de la mercerie, de même que des objets de verre, de la papeterie; etc. Évidemment, ces articles sont demandés à l'étranger parce que nos fabriques se trouvaient dans les pays qu'ont envahis les armées allemandes. Quoi qu il en soit, il y aura lieu de tenir compte de cette avance quand on négociera avec la Péninsule.

Il est certain, en effet, qu'il y aura bientôt lieu de négocier avec les Italiens. Tout fait croire que les conditions que les Alliés seront appelés à imposer aux Allemands et aux Autrichiens permettront de rendre plus actif le mouvement des échanges entre eux. L'Italie et la France auront à rendre plus faciles leurs communications.

La politique d'alliances les avait placées dans des camps différents : aussi rien n'avait plus été fait pour améliorer les voies d'accès. Il n'y avait toujours, pour relier les deux pays, que les voies ferrées du Mont-Cenis et de la Riviera. Un chemin de fer de petite envergure était en construction avant la guerre, la ligne de Nice à Coni, et il avait fallu de grands efforts pour en faire adopter le principe. Les hostilités ont arrêté les travaux. D'autres projets auront à être envisagés.

De même en matière de navigation, il n'y avait plus de traité entre la France et sa voisine. Les navires étaient admis au traitement de la nation la plus favorisée, sans aucune garantie contractuelle. C'est là une situation anormale qui ne pourra subsister après la guerre.

Il y a là tout un programme de négociations à envisager, sans compter des accords financiers qui devront permettre aux capitaux français de reprendre le chemin de la Péninsule.

En matière de droits de douane, il y aura aussi d'importants accords à étudier. Plus l'on creuse la question, plus on se rend compte qu'il ne sera pas possible de la résoudre, comme le pensent certains, par l'établissement de tarifs spéciaux communs aux Alliés. Les intérêts de chacun de ces Alliés comporteront des traitements particuliers. L'Italie réclamera sans doute de la France des avantages pour quelques-uns de ses produits agricoles et même pour des produits industriels; la France souhaitera de voir ses articles de luxe, ses fabrications, ses vins fins, etc., bénéficier de faveurs. On réglera la question des droits des soies et soieries en suspens depuis si longtemps. Si l'on fait preuve de part et d'autre d'un esprit de conciliation, il sera possible d'arriver à une entente fructueuse. Les Allemands vendaient en Italie pour 625 millions de francs et y détenaient la direction de nombreuses entreprises industrielles, maritimes et financières. Ils vendaient en France pour près de 670 millions, tandis qu'ils avaient organisé sur notre sol des fabriques et des commerces florissants. Nos voisins de la Péninsule trouveront chez nous des débouchés intéressants en même temps qu'un champ d'expérience pour leur main-d'œuvre, et nos commerçants auront à rechercher l'utilisation chez eux d'une importante partie de notre production et de nos capitaux.

Quoi qu'il en soit, l'Italie a maintenant les mains libres. L'opinion peut se livrer chez elle aux manifestations utiles, puisqu'elle sait que, le 31 décembre prochain, il n'existera plus de conventions de commerce.

On aurait besoin en France de connaître aussi quelle sera notre situation. Mais jusqu'à présent, il n'est pas question de dénoncer les conventions de commerce et de navigation qui engagent notre pays pour des périodes déterminées, et entre autres la convention de commerce avec la Suisse qui comporte, comme plusieurs, un préavis de douze mois en cas de résiliation.

L'industrie électrochimique de la Norvège.

La guerre a atteint les usines électrochimiques de la Norvège au beau milieu de l'exécution des contrats conclus avec les sujets des puissances belligérantes, car l'industrie norvégienne travaille presque exclusivement pour l'exportation. Une partie de ces contrats durent donc être cassés, par suite du manque des minerais et autres matières premières qui étaient ordinairement importés de l'étranger. Aussi les usines norvégiennes ont-elles été obligées de travailler avec des matériaux qu'elles avaient commandés auparavant et, lorsque ces derniers furent presque épuisés et que la crise devint imminente, une grande angoisse s'empara des milieux électrochimiques.

Cependant, la continuation de la guerre ne justifia point leurs craintes, mais créa un état de choses nouveau, que le « Bulletin du Comité central de l'Industrie de guerre » de la Russie expose dans son numéro du 29 décembre dernier.

Déjà, vers le commencement de 1915, il devint évident que la perspective d'une longue guerre donnerait une importance particulière à la production des matériaux servant à la fabrication des munitions. Les commandes aux usines norvégiennes fabriquant les nitrates, les cyanamides, l'aluminium, les ferro-alliages et les composés de carbone affluèrent de tous côtés, donnant ainsi à la production de ces substances un nouvel et vaste essor.

Cependant, les importations de l'outillage et des matières premières restaient toujours assez élevées. Les prix de toutes sortes de matériaux et ceux de la main-d'œuvre continuaient également à s'accroître. En effet, la Norvège a retenu sous les armes une partie des contingents mobilisés, ce qui exerça une forte répercussion sur la quantité de la main-d'œuvre disponible. Une grève de mineurs survint sur ces entrefaites. Elle dura quatre mois et se propagea dans toutes les branches de l'industrie. Cette grève générale à laquelle les patrons répondirent par un lock-out général n'a pris fin qu'après la promulgation de la nouvelle loi sur l'arbitrage obligatoire. Enfin les impôts ont également été accrus.

Mais, par contre, la hausse des prix de vente allait aussi en augmentant. Il en résulta que la majorité des grandes usines électrochimiques de la Norvège a réalisé en 1915, de même que l'année précédente, de gros bénéfices.

Le fait le plus saillant dans la vie économique de la Norvège pendant ces deux dernières années, est une accumulation extraordinaire du numéraire, aussi bien dans les banques

Digitized by Google

que chez les particuliers. La guerre a enrichi les Norvégiens ou, plus exactement, ceux des habitants de la Norvège qui ont quelque rapport avec les transports maritimes ou avec quelque industrie de mer. Même les prix du poisson et de l'huile de foie de morue ont été fortement élevés. La marine marchande de la Norvège a largement utilisé la hausse exceptionnelle des frets; or, les transports maritimes étant la principale occupation des habitants de ce pays, nombreux sont ceux qui y ont fait fortune. La liste de nouveaux millionnaires norvégiens serait assez longue.

Les dépôts du compte courant se sont accrus à tel point que certaines banques commencèrent à les refuser. Alors les armateurs norvégiens se sont tournés vers l'industrie.

La situation de la Norvège a donc subi une profonde modification. Autrefois, il était quasi impossible d'y trouver de l'argent pour quelque entreprise industrielle, ce qui obligeait l'industrie norvégienne à s'appuyer uniquement sur les capitaux étrangers. Maintenant un souffle de nationalisme industriel a passé sur tout ce pays, créant de nombreuses entreprises, alimentées par les seuls capitaux norvégiens. Ces derniers se dirigèrent tout d'abord vers les transports maritimes. Le nombre de petites sociétés nouvellement créées pour l'exploitation de un, deux ou plusieurs navires, dépassa la centaine. Puis furent fondées des Sociétés nationales pour l'utilisation industrielle des chutes d'eau et pour la production de la pâte de bois et des produits chimiques.

Quant à l'industrie électrochimique de la Norvège, elle a également fait preuve d'un rapide développement.

La « Nitrogen Products and Carbide Co », à qui appartient la majeure partie des actions émises par la « Northwestern Cyanamid Co », productrice des cyanamides, a créé à l'intérieur du fjord Odda un groupe puissant de nouvelles usines. A côté des fabriques de composés de carbone et de cyanamides, ont été élevées des usines produisant les composés d'azote et de chlore qui utilisent plus de 70 000 ch, fournis par la « Tyssefaldene A S. ».

On peut classer, parmi les nouvelles entreprises, l'agrandissement de la fabrique d'aluminium appartenant à la Société « Det Norske Nitrid » à Eidehavn près d'Arendal, et dont le nombre d'usines a été doublé. En outre, cette Société est actuellement en train de construire une nouvelle et très importante fabrique à Tissedache dans le fjord Odda.

En ce qui concerne les ferro-alliagés, les usines électrochimiques de Hafslundt, de même que l'usine de Porsgrundt, appartenant à la Compagnie de « Motor », ont fortement élevé leur production de ferro-silicium. On peut noter à ce propos que la Société « Hafslundt A K » propriétaire de nombreuses chutes, qui fournissent la force motrice aux nombreuses usines électrochimiques, a passé maintenant presque entièrement dans les mains des Norvégiens qui ont racheté les actions appartenant autrefois à la firme allemande Schuckert dont le total s'élève à 3/4 du capital de la Société.

L'usine de raffinage du nickel à Christiansand a également accru sa production. Une nouvelle fabrique de ferrochrome a été fondée à Tyssedal par la Société « Tyssefaldene ».

Cependant, les industries dont le fonctionnement dépend de l'importation du minerai, comme c'est le cas de la fabrication du ferro-zinc, ferro-nickel et ferro-aluminium, etc., ne prennent aucune part au développement général de l'industrie, car elles souffrent du manque des matières premières et de la cherté des frets.

Les succursales des Sociétés « Elekrokemisk Industri », « Arendal Sveltverk », produisant les carborundums et le ferro-silicium développent une grande activité. Il en est de même de la Société « Bjolvefessen » qui est en train de construire dans le fjord Hardang une importante usine de cyanamides et de composés de carbone.

Une nouvelle entreprise nationale, fondée par la Société « Hoyang'faldene » ou « Narck-Aluminium Co » au capital de 17 500 000 fr, souscrit par les capitalistes norvégiens a commencé l'exploitation de la force hydraulique à Sogne-fjord et la construction d'une usine d'aluminium qui recevra de la France les matières premières dont elle aura besoin.

Enfin la petite Société « Florli A S », formée tout récemment et qui se propose d'installer en Norvège une aciérie électrique, éveille un intérêt particulier dans les milieux de ce pays, car l'acier est le seul produit de l'industrie électrométallurgique, consommé par la Norvège elle-même.

J. V.

Les mines de fer françaises et la guerre.

Sous ce titre, M. Auguste Pawlowski, vient de publier un article (1), d'où nous extrayons les renseignements qui suivent :

D'après l'enquête faite par le Congrès géologique international qui s'est tenu à Stockholm en 1910, les réserves mondiales de minerai de fer absolument *certaines* atteignaient à cette époque 22 408 millions de tonnes, représentant 10 192 millions de tonnes de métal. L'Europe figurait dans ce total pour 12 032 millions de tonnes de minerai et 4 433 millions de tonnes de métal. L'Allemagne venait au premier rang des pays européens avec 3 608 millions de tonnes de minerai et 1 270 millions de tonnes de métal; la France tenait le second rang avec respectivement 3 300 millions et 1 140 millions de tonnes, laissant fort en arrière la Grande-Bretagne (1 300 millions de tonnes de minerai), la Suède (1 158 millions), la Russie (865 millions) et l'Espagne (711 millions).

En 1914, la situation se trouvait changée à notre avantage par la découverte en 1912 et 1913 des immenses gisements des minerais de Normandie et de Bretagne. Les moins optimistes s'accordaient à reconnaître que nous devions disposer alors de 8 à 10 milliards de tonnes de minerai, nous plaçant ainsi au premier rang du monde, les États-Unis ne possédant guère que 4 milliards de tonnes certaines et 2 milliards de tonnes probables, et Terre-Neuve, 3,6 milliards de tonnes certaines et près de 2 milliards de tonnes probables.

Notre production nationale, qui était de 4 791 000 t de minerai en 1901, s'élevait à 7 395 000 t en 1905, 10 057 000 t en 1908, 14 606 000 t en 1910, 19 160 000 t en 1912 et 21 714 000 t en 1913. La plus grande partie provenant des gisements de Meurthe-et-Moselle : Le bassin de Nancy fournissait en 1913, 1 911 889 t, celui de Longwy 2 754 312 t, et le bassin de Briey, le dernier mis à jour, mais le plus productif, 15 147 371 t, au total 19 813 372, soit les neuf dixièmes de la production totale de la France pendant cette même année.

Les vastes réserves de minerai que nous possédons dans l'Ouest, de Brest à Chartres et de Cherbourg à La Roche-sur-Yon étaient à peine exploitées au début de 1914. Le nombre des concessions n'atteignait que 27, pour 250 demandes formulées. Sur ces 27 concessions, 15 seulement étaient outillées pour l'extraction : 5 en Maine-et-Loire (le

(1) *La Nature*, 10 mars 1917, p. 153-158, 8 fig.

Digitized by Google

Pavillon d'Angers et 4 à Segré), 3 dans l'Orne (Larchamps, Halouze et la Ferrière-aux-Étangs), 3 dans la Manche (Diélette, Mortain et Bourberouge), 6 dans le Calvados (Saint-André, May-sur-Orne, Jurques, Saint-Remy, Soumont et Barbery). Les concessions nouvelles étaient puissamment outillées; les plus anciennes avaient modernisé leurs installations ; tout concourait à favoriser une exploitation active en attendant la mise en valeur des autres concessions octroyées et des dépôts nouvellement découverts.

D'autre part, on avait reconnu dans la Loire-Inférieure, l'Ille-et-Vilaine et dans le Morbihan, d'importants dépôts superficiels, dont le seul gîte de Rouge livrait annuellement 100 000 t.

Notre grand bassin minier des Pyrénées-Orientales qui fournit des minerais à haute teneur en fer et purs de tout phosphore, donc très recherchés pour la fabrication des aciers fins, avait été organisé pour une production régulière et croissante. Les mines de Batère, de la Pinouse, de Palalda, sur le flanc est du Canigou; de Fillols, de Vernet, de Sahorre, de Thorrent, d'Escaro ; d'Aytua, d'Escoums, sur l'autre versant, toutes en activité, présentaient des installations aussi modernes que possible.

Nous avions encore d'autres richesses : dans l'Ariège, sur le flanc occidental du Massif Central, dans le Tarn, le Lot, le Lot-et-Garonne, le Gard, l'Isère, le Var, etc.

L'ensemble de ces mines de l'intérieur avait fourni seulement 1 900 000 t en 1913. Il semble qu'il eût été facile d'en tripler la production et de pallier ainsi dans une certaine mesure la perte du bassin de Briey. Le tableau ci-joint qui indique la production pour les années 1913, 1914 et 1915 montre qu'il n'en a rien été et que la production a au contraire sensiblement diminué.

Un effort a cependant été fait en 1916 pour accroître l'extraction. La mine de May (Calvados) a été remise en activité en mars ; à Halouze et à La Ferrière (Orne), on a pratiqué des travaux de préparation pour le jour où les métallurgistes accepteront les carbonates de fer normands. Ailleurs on a poussé l'abatage : Saint-Remy a donné 49 900 t du 1er janvier au 31 août 1916, contre 30 882 en 1915. Dans les Pyrénées, on a tendu à se rapprocher de la production normale ; de même dans l'Aveyron et le Tarn. La Société minière des Pyrénées a pourvu son siège de vastes installations qui lui ont permis d'extraire présentement de 2 500 à 3 000 t par mois ; la Société d'Aytua s'est outillée pour 4 000 à 5 000 t par mois, etc.

Notre production de minerai de fer n'en est pas moins très insuffisante. La France qui, en 1913, exportait 9 746 000 t de minerai, non seulement a cessé ses expéditions, mais est devenue une grande importatrice.

« Il apparaît donc, conclut M. Pawlowski, que la France n'a su tirer qu'un parti médiocre de ses ressources propres en fer, et, contrainte d'importer une bonne part des minerais qui lui sont indispensables, elle a accru ainsi ses exportations d'or au détriment de la fortune nationale. »

PRODUCTION DES MINES FRANÇAISES DE L'INTÉRIEUR EN 1913, 1914 ET 1915.

	MINES	1913	1914	1915
Calvados.	St-Remy	77 630 t	65 771 t	30 882 t
	May	100 189	75 000	
	St-André	89 935	69 000	18 513
	Soumont	71 657	42 000	
	Barbery	16 624	49 000	
	Jurques	40 671	22 000	
		395 971	327 771 env.	49 195
Manche.	Diélette	*En préparation.*		
	Mortain	6 835	15 000	
	Bourberouge	34 553	23 000	
		41 398	38 000	
Orne.	Larchamps	136 000	80 000	
	Halouze	152 655	113 000	17 800
	La Ferrière	150 850	88 253	
		439 505	281 253 env.	17 800
Mines de l'Ille-et-Vilaine et de la Loire-Inférieure		300 000	300 000	4 000
Maine et Loire.	Segré	100 000	81 000	14 300
	Pavillon d'Angers	30 000	17 000	
		130 000	98 000	14 300
Pyrénées-Orientales.	Palalda	10 622		
	La Pinouse	35 271	16 190	12 786
	Batère	75 922	35 271	43 597
	Fillols	34 946	2 382	24 576
	Vernet	25 221	13 111	22 963
	Sahorre	31 485	22 000 env.	35 000 env.
	Thorrent	9 988		
	Escaro sud	24 978		
	Escaro nord	39 250	23 885	29 055
	Aytua	9 254	13 955	24 200
	Escoums	21 775	14 482	16 693
	Saint-Paul	18 130	7 250	16 019
	Total général	334 019	168 426	234 899
Ariège.	Rancié	16 545	12 508	14 040
	Rabat	10 582	2 368	
	Roquelaure	2 347	11 303	20 648
	Miglos	331	3 386	2 313
		30 805	29 565	37 001
Tarn.	Alban	11 250	9 680	18 250
Aveyron.	Mondalazac	116 036	55 764	31 800
	Aubin	20 440	10 321	2 570
		136 476	66 085	34 370
Gard.	Alais	23 481	23 375	15 456
Ardèche.	Privas	26 785	14 364	4 690
Hérault		385		290
Indre.	Chaillac	14 000	13 400	18 000
Var.	Beausoleil.			

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

1re Année. — Tome I. — N° 15. — 14 Avril 1917.

Chronique. — L'ingénieur et son rôle dans la préparation nationale. — Les problèmes non résolus de l'industrie électrique. — Syndicat professionnel des industries électriques. — Société internationale des électriciens. p. 561 et 562.

Section scientifique et technique. — Unités et formules de dimensions, par J.-B. Pomey, p. 563. — Quelques remarques sur l'électrification des chemins de fer, p. 567.

Section industrielle. — La protection des installations hydrauliques contre les glaces, par A. Kaminer et J. Vichniak, p. 569. — Les installations électriques du Chicago, Milwaukee and Saint-Paul Railway, p. 577. — La deuxième Foire de Lyon (*suite et fin*), p. 584. — Revues, analyses et informations : La télégraphie et la téléphonie, avec ou sans fil aux États-Unis en 1916-1917, p. 587 ; Appareil de projection, p. 588 ; Sur l'emploi des surplus d'énergie pour la préparation de l'acide nitrique et des nitrates aux États-Unis, p. 590.

Section économique et financière. — Les industries électriques au Japon, par Daniel Bellet, p. 591. — Assemblées générales : Compagnie des tramways de Rouen, p. 594.

Section de législation. — Législation, jurisprudence, réglementation : Décret relatif à l'organisation du personnel de la radiotélégraphie coloniale, p. 595 ; Arrêté abrogeant les dispositions de précédents arrêtés qui autorisent l'exportation de certains produits et objets à destination de divers pays, p. 599 ; Décret prohibant l'entrée des marchandises d'origine ou de provenance étrangère, p. 599 ; Décision relative aux autorisations d'importation antérieures au 1er novembre 1916, p. 600 ; Décret approuvant une majoration temporaire des tarifs perçus par la Compagnie des tramways d'Eure-et-Loir, p. 600. Arrêté relatif aux frais de contrôle de l'État par les entrepreneurs de distribution d'énergie électrique, p. 600.

ERRATUM du numéro du 31 mars, p. 600.

L'ingénieur et son rôle dans la préparation nationale.

La General Electric Company, de Schenectady (État de New-York), qui est, comme on le sait, la plus puissante des Sociétés d'électricité actuellement existantes, publie, dans la livraison de mars de sa Revue mensuelle, « General Electric Review », un important article du professeur W. L. Cathcart, intitulé : « Le développement de notre flotte et de nos stations navales. »

En tête de la livraison, cette étude est commentée par le suggestif « editorial » que nous reproduisons ci-dessous in extenso.

Dans notre numéro de décembre 1916, nous avons inséré une adresse de E. W. Rice junior (1), où il faisait ressortir le devoir qui incombe à l'ingénieur, en tant que citoyen, de donner à nos problèmes nationaux l'attention la plus soutenue et d'exercer son influence pour le bien du pays.

Par profession comme par expérience, l'ingénieur est particulièrement qualifié pour reconnaître l'importance et la difficulté de certains de ces problèmes. Cela est spécialement le cas pour les problèmes qui se rattachent à la Défense nationale.

La guerre est aujourd'hui éminemment industrielle. Le temps est loin où un navire marchand pouvait être transformé, en quelques jours, en un vaisseau de ligne efficace, et où l'équipement convenable pour une armée consistait en un stock de fusils à pierre, avec quelques petits canons. Aujourd'hui le cuirassé ou le croiseur est une usine monstre, de force motrice, dont la construction et l'équipement requièrent des années de travail, ainsi que le plus haut degré d'habileté spécialisée en de nombreuses branches de l'art de l'ingénieur, constructions navales, mécanique, métallurgie, construction de chaudières, électricité, chimie et radiotélégraphie.

L'ingénieur sait cela, et il sait que le bon entretien d'une machine, aussi énorme et aussi compliquée, nécessite des auxiliaires très divers, comprenant à terre des arsenaux appropriés avec cales sèches et chantiers de réparations, sur mer des charbonniers, des pétroliers, des ravitailleurs et transports de toutes sortes. Il a donc conscience que le service efficace de tels navires, avec leurs mécanismes complexes, dépend complètement d'un personnel habile, travaillant avec le rendement élevé qui seul peut résulter d'un long entraînement, dans une coopération disciplinée et intelligente.

Bref, si des lacunes existent dans nos défenses navales, nul ne peut voir plus clairement qu'un ingénieur l'importance d'une prompte mise à l'œuvre pour les combler. Il incombe donc particulièrement aux ingénieurs de s'informer sur nos moyens défensifs nationaux, sur leur fort et sur leur faible, et d'en arriver à une décision intelligente quant aux meilleures mesures à prendre (si tant est qu'il en faille) pour préparer notre pays à faire face aux dangers menaçants.

La marine est notre première ligne de défense. Toute grande puissance hostile qui aura conquis la maîtrise de la

(1) *R. G. E.*, 3 mars 1917, t. I, p. 357.

Digitized by Google

mer peut, en quelques semaines, de l'avis de nos experts militaires, débarquer sur nos côtes une armée plusieurs fois plus nombreuse que la nôtre; mais, tant que notre marine ne sera pas détruite, l'invasion d'aucune puissance transocéanique ne sera possible.

Plus encore que l'armée moderne, la marine dépend de l'art de l'ingénieur. Aussi sommes-nous heureux d'avoir occasion de présenter aux ingénieurs, l'article pénétrant du professeur Cathcart, sur notre marine et ses besoins, qui paraît dans la présente livraison de la « Revue ».

Nous croyons que cette présentation de l'état de notre préparation navale est opportune. Les nuages de guerre, qui longtemps sont restés menaçants, sont maintenant arrivés tout proche, et avant que ces mots ne parviennent à nos lecteurs, la guerre peut être effectivement sur nous. Aussi, dans un sens, il peut sembler qu'il soit trop tard pour discuter des lacunes dont le comblement prendrait bien des années. Mais, dans un autre sens, c'est maintenant surtout le moment de se prémunir. La guerre, si elle éclate, mettra sans doute en évidence des faiblesses que la masse du peuple a jusqu'ici ignorées. Il s'ensuivra donc, suivant l'usage en pareil cas, la critique sans discernement des gens en place, et le désir d'offrir un bouc émissaire à l'indignation populaire.

Dès lors, et en prévision de telles éventualités, une étude de l'impartial exposé de faits du professeur Cathcart sera très salutaire. Il signale des fautes par omission qui ont duré bien des années, et qui, de longue date, étaient évidentes pour quiconque se souciait de regarder. C'est parce que le peuple ne s'est pas soucié de voir clair que l'existence de ces fautes a pu être tolérée, sans qu'il y fût remédié. S'il y a des points faibles, c'est nous, peuple, qui sommes à blâmer. Les Parlements, en général, essayent de donner au peuple ce qu'il réclame. Si le peuple manifestait qu'il prend, à une cale sèche dont notre marine aurait un besoin impérieux, un intérêt plus vif qu'à une douzaine de bureaux de poste inutiles — nous aurions la cale sèche.

Si donc il est réservé à la guerre de mettre nos imprépara-tions en telle lumière que nous ne puissions plus fermer les yeux sur elles, le remède n'est point dans une critique de chicaneries, mais dans l'énergique résolution, à prendre par tout citoyen, que désormais et pour toujours il regardera le bien du pays avant les intérêts privés et locaux; qu'il étudiera et cherchera à comprendre les nécessités nationales; qu'il luttera par la parole et par les actes — dût-il personnellement en souffrir — pour assurer la satisfaction de ces nécessités et pour sauvegarder le bien public.

Il n'est pas de classe sociale à qui cette résolution s'impose davantage qu'aux ingénieurs, et c'est, suivant les paroles du contre-amiral Fiske, « parce qu'en tout pays les ingénieurs peuvent faire beaucoup pour le salut de leur patrie, et parce que l'homme est toujours responsable du pouvoir qui est commis entre ses mains ».

Les problèmes non résolus de l'Industrie électrique. — En réponse à l'appel que nous faisions dans le numéro du 17 mars, p. 402, M. Ch. David nous adresse une lettre dont nous extrayons le passage suivant.

Parmi les *problèmes non résolus de l'industrie électrique*, je crois utile de signaler le suivant :

Dans sa forme générale, la question peut s'énoncer ainsi : « Quelles sont, pour les diélectriques simples et pour les isolants industriels complexes les tensions de percement en fonction de la durée d'application de la tension? »

La question a déjà été étudiée, dans quelques cas particuliers, pour des durées d'application relativement longues (une seconde à une heure et plus); mais les renseignements paraissent faire défaut pour les durées d'application très courtes comprises, par exemple, entre la seconde et le millième de seconde.

Je pense que des recherches sur le sujet seraient utiles pour l'étude de la résistance des isolants aux surtensions passagères et qu'elles permettraient peut-être d'élucider quelques points obscurs du fonctionnement des parafoudres, des limiteurs de tension et d'autres appareils.

Ces considérations sommaires pourraient être développées, mais je ne puis le faire en ce moment.

Il n'est pas douteux, en effet, que vu l'exiguité de nos connaissances actuelles sur les diélectriques et isolants industriels, une étude scientifique de ces substances rendrait des services signalés à l'industrie électrique. Nous espérons donc que M. David pourra, un jour prochain, faire connaître de façon plus détaillée les desiderata des industriels sur ce sujet. Il nous a paru cependant intéressant de signaler dès maintenant cette question qui offre un champ immense à l'activité des savants désireux de se rendre utiles à l'industrie et de contribuer à ses progrès.

Syndicat professionnel des Industries électriques. — En exécution de l'article 20 des statuts et conformément aux décisions de la Chambre syndicale en date des 6 mars et 3 avril 1917, les membres actifs du Syndicat professionnel des industries électriques sont convoqués en *assemblée générale ordinaire* pour le mardi 24 avril 1917, à 14 h. 1/2 précises. L'assemblée aura lieu au siège social, 9, rue d'Edimbourg. L'ordre du jour est :

Rapports du trésorier et des commissaires des comptes;
Approbation des comptes et du bilan de l'exercice 1916;
Rapport du président;
Fixation pour l'année 1918 des bases de la subvention proportionnelle à payer par les établissements adhérents;
Utilisation des tableaux de section de 1914 pour l'année 1917.

A la suite de cette assemblée ordinaire, le même jour, mardi 24 avril 1917, conformément aux décisions de la Chambre syndicale en date des 6 mars et 3 avril 1917, se tiendra une assemblée générale extraordinaire, dont l'ordre du jour est le suivant :

Augmentation de la cotisation des membres actifs;
Augmentation de la cotisation des membres correspondants.

Société internationale des électriciens. — Dans la séance du 5 avril 1916 de cette société, après lecture des différents rapports annuels, M. Féry a décrit sa « pile à densité et à faible usure locale »; nous n'avons pas à revenir sur ce sujet, M. Féry l'ayant traité dans la *R. G. E.* du 3 mars 1917.

Ensuite, M. D. Berthelot, dans une fort intéressante conférence, réfute diverses objections qui ont été faites à sa communication de juin dernier, en particulier par M. Langevin.

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

Unités et formules de dimensions

Après la définition des unités absolues, des unités fondamentales et des unités dérivées, l'auteur montre que, si l'on conserve le système C. G. S., les systèmes électrostatique et électromagnétique sont incompatibles. Il est donc conduit, par la discussion des formules de dimensions, à introduire une nouvelle unité fondamentale pour laquelle il choisit le pouvoir inducteur spécifique K. On a donc le système fondamental (M. L. T. K). M. Pomey calcule alors les formules de dimensions qui découlent de sa proposition et discute, entre autres généralités, l'homogénéité et les équations réduites. Rappelons que M. Brylinski avait présenté, comme unité fondamentale supplémentaire, l'intensité ou la résistance électriques.

La question des unités électriques n'a pas cessé d'intéresser le public instruit, qui suit les progrès de l'électricité. Il peut donc être utile de rappeler très brièvement les principes de cette théorie. Si les inexactitudes qui pourront se glisser dans cet exposé sont relevées par quelque lecteur, le redressement même de ces erreurs ne sera sans doute pas sans quelque utilité.

1. — Systèmes d'unités absolues. Soit F la force qui s'exerce, dans un champ électrique d'intensité E sur la quantité d'électricité q; en appelant k un coefficient de proportionnalité purement numérique, dont la valeur dépend des unités employées pour mesurer E et q, on aura :

$$F = k\,Eq.$$

Ce coefficient k est un coefficient parasite; on simplifiera les calculs, en choisissant les unités de champ et de quantité de façon à avoir $k = 1$.

Un système d'unités, ainsi débarrassé des coefficients de proportionnalité, est un système d'unités absolues.

2. — Unités fondamentales; unités dérivées. — Si l'unité de force est déterminée, ainsi que l'unité de quantité d'électricité, l'unité d'intensité de champ électrique se trouve fixée par cela même; l'unité de champ sera alors une unité dérivée. L'unité de quantité d'électricité sera une grandeur fondamentale; quant aux grandeurs mécaniques, leur évaluation dépend en dernier ressort des unités de longueur, de temps et de masse. On pourrait choisir d'autres unités; celle de force, par exemple, pourrait remplacer celle de masse. Quand on choisit celle-ci, on a le système (LMT) : longueur, masse, temps.

Si l'unité de longueur est le centimètre, l'unité de masse celle du gramme, l'unité de temps la seconde, on a le système (CGS).

3. — Système électrostatique. — L'énergie électrique W_e par unité de volume, dans le vide, est :

$$W_e = \frac{k_0 E^2}{8\pi}.$$

Si on se résout à considérer k_0 comme un coefficient purement numérique, on déduit de cette relation le système électrostatique, l'unité de champ E se trouvant alors déterminée en fonction de (LMT). Toutes les autres unités électriques s'ensuivent.

4. — Système électromagnétique. — Semblablement, l'énergie magnétique W_m par unité de volume dans le vide, est

$$W_m = \frac{\mu_0 H^2}{8\pi}.$$

Si donc on considère μ_0 comme un simple coefficient numérique, l'unité de champ magnétique H sera ramenée aux unités mécaniques. On obtient ainsi le système électromagnétique dont les unités n'ont pas de nom; on pourra mettre entre parenthèses la désignation du système.

De H on déduit I par l'équation de définition du courant

$$I = \text{rot } H$$

puis q par l'équation de Faraday,

$$q = It.$$

5. — Incompatibilité des systèmes électrostatique et électromagnétique. — Ces systèmes sont incompatibles l'un avec l'autre, si l'on conserve le système $(C.G.S.)$.

L'étude des ondulations électromagnétiques montre qu'elles se propagent dans le vide avec la vitesse V de la lumière et qu'on a :

$$V = \frac{1}{\sqrt{k_0 \mu_0}}.$$

Si donc on faisait simultanément, $k_0 = \mu_0 = 1$, la vitesse de la lumière serait égale à l'unité; or, dans le système (CGS), on a : $V = 3.10^{10}$. Il y a donc incompatibilité.

Digitized by Google

6. — Formules de dimensions. — Une loi physique, comme par exemple la loi de Coulomb,

$$f = \frac{1}{k} \cdot \frac{qq'}{r^2}$$

subsiste indépendamment du choix des unités. Supposons que les unités qui servent à mesurer f, k, q ou q', r deviennent F, K, Q, L fois plus grandes, et soient f_1, k_1, q_1, q'_1, r_1 les nouvelles valeurs numériques de f, k, q et q', r. On devra avoir :

$$f_1 = \frac{1}{k_1} \cdot \frac{q_1 q'_1}{r_1^2}$$

et par suite :

$$\frac{f}{f_1} = \left(\frac{k}{k_1}\right)^{-1} \left(\frac{qq'}{q_1 q'_1}\right) \left(\frac{r}{r_1}\right)^{-2}$$

ou :

$$(F) = (K^{-1} Q^2 L^{-2}).$$

Une pareille formule est une formule de dimensions. Celle-ci est relative à la force en fonction de K, Q, L.

7. — Réduction des formules de dimensions. — Il y a intérêt à ne faire figurer dans une formule de dimensions relative à une grandeur que les unités fondamentales.

Dans le système (MLT), on aura, par exemple,

$$(F) = (MLT^{-2}).$$

Pour les unités électriques, comme on ne peut faire simultanément μ_0 et k_0 égaux à l'unité, on voit qu'il faut introduire une nouvelle unité fondamentale.

Supposons que celle-ci soit le pouvoir inducteur spécifique, on aura alors pour formule de dimensions relative à Q

$$(Q) = \left(M^{\frac{1}{2}} L^{\frac{3}{2}} T^{-1} K^{\frac{1}{2}}\right).$$

Dans le système électrostatique, il restera :

$$(Q) = \left(M^{\frac{1}{2}} L^{\frac{3}{2}} T^{-1}\right).$$

Dans le système électromagnétique :

$$(Q) = \left(M^{\frac{1}{2}} L^{\frac{1}{2}}\right),$$

avec

$$(K) = (L^{-2} T^2).$$

8. — Grandeurs comparables entre elles. — Deux grandeurs physiques différentes peuvent avoir une même formule de dimensions; on les dit comparables.

Par exemple : une force vive, un travail, le moment d'une force par rapport à un point.

C'est ainsi qu'en chimie, la même formule peut représenter des variétés allotropiques, des isomères.

Deux grandeurs comparables peuvent différer physiquement. Ainsi, le travail est une mesure mécanique abstraite; la force vive est de l'énergie localisée, c'est une grandeur scalaire; l'axe d'un moment est une grandeur vectorielle. Le moment lui-même d'une force par rapport à un point est déterminé par le point et la force; ce système a pour plan de symétrie le plan dans lequel il est situé; par rapport à ce même plan, le symétrique de l'axe du moment est égal et opposé à l'axe lui-même. Donc le moment et sa représentation par son axe n'ont pas même symétrie, quoique comparables.

Deux grandeurs comparables peuvent donc différer l'une de l'autre par leur nature abstraite ou concrète, scalaire ou vectorielle, par leurs caractères de symétrie, etc.

Si l'on part des lois de Coulomb pour définir le champ électrique E et le champ magnétique H, on obtient la plus grande analogie et l'on représentera le champ magnétique H, comme le champ électrique E, par un vecteur. Il y a cependant à remarquer que le champ magnétique n'a pas la symétrie d'un vecteur.

Considérons un condensateur plan formé par deux disques parallèles circulaires chargés. Tout plan passant par l'axe qui traverse les disques perpendiculairement en leurs centres est un plan de symétrie. Un tel plan tourne autour du vecteur E au centre du champ. Le plan équidistant des disques n'est pas un plan de symétrie.

Considérons de même un anneau métallique conducteur parcouru par un courant. Le plan de l'anneau, perpendiculaire au vecteur H, est un plan de symétrie pour l'anneau et le courant; le champ magnétique a donc cette symétrie. Un plan passant par l'axe perpendiculaire au centre de l'anneau n'est pas un plan de symétrie, le courant étant une grandeur à laquelle un sens est attaché.

La symétrie du champ magnétique n'est donc pas celle du champ électrique. L'habitude de figurer l'intensité du champ magnétique par un vecteur ne doit pas faire oublier cette différence. On conserverait la symétrie si l'on imaginait chaque ligne de force magnétique comme une ligne de tourbillon.

9. — Obtention des formules de dimensions. — Le moyen systématique à employer pour obtenir les formules de dimensions consiste à utiliser pour chaque grandeur nouvelle la loi physique qui la définit.

On peut cependant, en pratique, abréger la recherche par une expérience fictive.

Soit par exemple à rechercher les dimensions de la résistance. Une sphère conductrice de rayon a est chargée au potentiel v et reliée à la terre par un conducteur de résistance R; avec quelle vitesse faut-il faire décroître le rayon pour maintenir le potentiel constant?

Soit q la charge, $i = -\frac{dq}{dt}$ le courant. On a :

$i = \frac{v}{R}$ $q = a v$; d'où :

$$-v \frac{da}{dt} = \frac{v}{R}$$

Digitized by Google

Donc la conductance $\frac{1}{R}$ est égale à $-\frac{da}{dt}$, vitesse de diminution du rayon de la sphère.

Cela, dans le système électrostatique. Dans le système $(L\,M\,T\,K)$, on aurait

$$R) = (K^{-1}\,L^{-1}\,T)$$

et dans le système électromagnétique

$$(R) = (L\,T^{-1}).$$

10. — Unités pratiques. — Les unités pratiques dérivent du système électromagnétique *C. G. S.*; si l'on passe d'un système à un autre dans lequel les unités de longueur, de masse et de temps sont L, M, T fois plus grandes respectivement, le nouveau système est complètement défini. Pour avoir le système pratique, on pose :

$$L = 10^9 \quad M = 10^{-11} \quad T = 1.$$

On voit que la seconde est conservée et que l'unité de longueur devient le quadrant, c'est-à-dire approximativement le quart du méridien terrestre. L'unité de masse est devenue très petite. Il est plus commode de se rappeler que, d'après la formule de dimensions, relative à la quantité d'électricité

$$(Q) = \left(L^{\frac{1}{2}}\,M^{\frac{1}{2}}\right),$$

la nouvelle unité se trouve égale à l'ancienne multipliée par 10^{-1}, c'est-à-dire que l'ampère, unité pratique, est le dizième de l'unité absolue *C. G. S.* électromagnétique.

Si donc on se rappelle les modifications subies par l'unité de longueur (ou d'inductance) et par l'unité de courant, il est facile inversement de retrouver les nombres caractéristiques $L = 10^9$ et $M = 10^{-11}$.

L'avantage le plus important du système pratique c'est que les unités y portent des noms.

11. — Homogénéité. — Une loi physique s'exprime par une équation entre des grandeurs et subsiste, quel que soit le système d'unités fondamentales adopté.

Étudions, par exemple, la décharge du condensateur. Quelle est l'expression du courant i au bout du temps t, si, au temps t_0, on avait le courant i_0 et la différence de potentiel v_0? Soient C, R, $\mathcal{L}$ les constantes du circuit.

On aura :

$$\frac{i}{i_0} = f(i_0,\ v_0,\ R,\ \mathcal{L},\ C,\ t).$$

et je rappelle les formules de dimensions :

$$(v_0) = (K^{-\frac{1}{2}}\,M^{\frac{1}{2}}\,L^{\frac{1}{2}}\,T)$$
$$(R) = (K^{-1}\,L^{-1}\,T)$$
$$(\mathcal{L}) = (K^{-1}\,L^{-1}\,T^2)$$
$$(C) = (KL).$$

Je puis remplacer les six variables considérées par six autres variables indépendantes, je pose, par exemple

$$\alpha = \frac{R}{2\mathcal{L}}, \qquad \omega = \frac{1}{\sqrt{C\mathcal{L}}}\sqrt{1 - \frac{CR^2}{K\mathcal{L}}},$$

et je remplace les variables R et C par les variables $\alpha\,t$ et $\omega\,t$.

Au lieu de v_0, je puis prendre $\frac{v_0}{i_0 R}$ ou encore la quantité

$$m = \left(\frac{2v_0}{i_0 R} - 1\right)\frac{\alpha}{\omega} = \frac{v_0 - i_0(R - \mathcal{L}\alpha)}{\mathcal{L}\omega i_0}.$$

Il vient alors :

$$\frac{i}{i_0} = f_1(i_0,\ m,\ \alpha\,t,\ \mathcal{L},\ \omega\,t,\ t),$$

Or les quantités m, $\alpha\,t$, $\omega\,t$, telles que je les ai choisies, sont de purs nombres, comme $\frac{i}{i_0}$; ces variables ne dépendent donc pas du choix des unités ; au contraire, i_0, $\mathcal{L}$ et t en dépendent ; car je puis d'abord donner à t une valeur déterminée en choisissant convenablement l'unité de temps ; je puis ensuite choisir l'unité de longueur pour que $\mathcal{L}$ prenne une valeur numérique donnée à l'avance et, enfin, je disposerai de l'unité de masse pour donner à i_0 une valeur arbitraire (on sait que la détermination de l'ampère implique une pesée). Donc la fonction f_1 doit rester invariable, quelles que soient les valeurs de i_0, $\mathcal{L}$ et t ; elle ne peut donc contenir ces variables explicitement ; et, en effet, la formule donnée par l'intégration se réduit à

$$i = i_0\,e^{-\alpha t}(\cos\omega t + m\sin\omega t).$$

12. — Équation réduite. — Toute relation mécanique ou physique résulte de la comparaison de grandeurs de la même espèce.

En raisonnant sur les rapports de grandeurs, au lieu de considérer les grandeurs primitives, on peut, comme nous venons de le voir, diminuer le nombre des quantités entrant dans l'équation.

On peut construire une infinité d'équations réduites différentes, pour une même relation :

Soit :

$$f\left(\frac{x}{x_0},\ \frac{y}{y_0},\ \frac{z}{z_0}\right) = 0,$$

l'équation qui exprime une certaine loi, les quantités $\frac{x}{x_0}$, $\frac{y}{y_0}$, $\frac{z}{z_0}$ qui y figurent sont des rapports de grandeurs d'une même espèce.

Soient alors a, b, c des « nombres » arbitrairement choisis et considérons la valeur numérique de l'expres-

Digitized by Google

sion $\frac{x}{ax_0}$, qui est un pur nombre et appelons-la N_x; posons de même :

$$N_y = \frac{y}{by_0}, \quad N_z = \frac{z}{bz_0}.$$

L'équation réduite :

$$f(aN_x, bN_y, cN_z) = 0,$$

comprend une infinité d'équations distinctes, différant entre elles par les valeurs adoptées pour les nombres a, b, c.

On choisira des valeurs convenables; alors l'équation donne N_x en fonction de N_y et de N_z. Si on considère N_z comme un paramètre variable, on pourra porter N_x en abscisses, N_y en ordonnées; on aura une famille de courbes. Il suffira d'en tracer le réseau une fois pour toutes; dans les cas particuliers, les calculs se feront ensuite par de simples changements d'unités.

11. — Exemple de changement d'unités.

Je prendrai pour exemple la formule :

$$\lambda = 2\pi V\sqrt{C\mathcal{L}} \qquad (1)$$

qui donne, en télégraphie sans fil, la longueur d'onde λ d'un circuit oscillant, en fonction de la vitesse V de propagation des oscillations électriques, de la capacité C et de la self-induction $\mathcal{L}$.

1° Système électromagnétique. — On aura :

$$\lambda_{cm} = 2\pi.3.10^{10}\sqrt{C\mathcal{L}_{cm}},$$

C étant mesuré en unités absolues *C. G. S.* électromagnétiques.

2° Mettons en évidence le pouvoir inducteur spécifique et la perméabilité magnétique; on a :

$$\lambda_{cm} = 2\pi V\sqrt{k_0 C_{cm}\mu_0 \mathcal{L}_{cm}},$$

C_{cm} est la capacité mesurée en centimètres, comme dans le système électrostatique;

$\mathcal{L}_{cm}$ est l'inductance mesurée également en centimètres comme dans le système électromagnétique.

Comme on a :

$$V = \frac{1}{\sqrt{k_0\mu_0}},$$

il reste :

$$\lambda_{cm} = 2\pi\sqrt{C_{cm}\mathcal{L}_{cm}}; \qquad (1)$$

3° Système pratique. — Mesurons C en farads, $\mathcal{L}$ en henrys; comme le produit $\sqrt{C\mathcal{L}}$ a les dimensions d'un temps et que le système pratique conserve la seconde, il vient :

$$\lambda_{quadr} = 2\pi.30.\sqrt{C_F\mathcal{L}_H};$$

4° Mesurons C en microfarads, $\mathcal{L}$ en henrys, λ en mètres, on aura :

$$\lambda_m = 2\pi.3.10^{11}\sqrt{C_{\mu F}\mathcal{L}_H} \qquad (2)$$

La comparaison des formules (1) et (2) se fait au moyen de la relation :

$$C_{cm} = 9.10^5.C_{\mu F},$$

le microfarad valant 9.10^5 unités (*C. G. S.*) électrostatiques.

Autre application. — Équations du champ électrodynamique dans l'éther.

Les équations sont :

$$k_0\frac{dE}{dt} = \text{rot } H, \quad \frac{dB}{dt} = -\text{rot } E.$$

Dans le système électromagnétique, k_0 ayant pour valeur $\frac{1}{V^2}$, où V est la vitesse de propagation de la lumière, on a

$$D = \frac{k_0 E}{4\pi} \text{ ou } E = 4\pi V^2 D \text{ et } B = H.$$

D'où :

$$4\pi\frac{dD}{dt} = \text{rot } H, \quad \frac{dH}{dt} = -4\pi V^2 \text{ rot } D$$

et l'on a pour expression des énergies électrique et magnétique par unité de volume

$$W_e = 2\pi V^2 D^2, \quad W_m = \frac{H^2}{8\pi}.$$

Changeons d'unités, de façon à avoir :

$$W_e = \frac{E^2}{8\pi}, \quad W_m = \frac{H^2}{8\pi}.$$

Les équations du champ peuvent s'écrire :

$$\sqrt{k_0\mu_0}\frac{d}{dt}E\sqrt{k_0} = \text{rot } H\sqrt{\mu_0}$$

$$\sqrt{k_0\mu_0}\frac{d}{dt}H\sqrt{\mu_0} = -\text{rot } E\sqrt{k_0}.$$

Remplaçant

$$\frac{1}{\sqrt{k_0\mu_0}} \text{ par } V, \quad E\sqrt{k_0} \text{ par } E \text{ et } H\sqrt{\mu_0}$$

par H, il vient :

$$\frac{dE}{dt} = V \text{ rot } H, \quad \frac{dH}{dt} = -V \text{ rot } E.$$

Digitized by Google

Ces équations subsisteraient encore si l'on changeait d'unités de façon à avoir simplement

$$W_e = \frac{1}{2} E^2, \qquad W_m = \frac{1}{2} H^2.$$

13. — ÉTALON DE TEMPS. — Dans le système (L, M, T, K) on a les formules de dimensions :

$$(C) = (K L), \quad (R) = (K^{-1} L^{-1} T).$$

d'où pour les dimensions du produit $(C R)$

$$(C R) = (T),$$

cela, quel que soit K, qui disparaît.

Si donc les observations astronomiques ne permettaient plus de mesurer la seconde sexagésimale de temps moyen, on la retrouverait grâce aux étalons de capacité et de résistance. Bien plus, on pourrait définir la seconde par l'expérience ci-après.

Je fais passer dans le premier circuit d'un galvanomètre différentiel un courant i produit par une force électromotrice E à travers le circuit dont la résistance totale est R ; avec cette même force électromotrice E je charge à intervalles de temps égaux une capacité C et je la décharge dans le second circuit du galvanomètre différentiel de façon à contrebalancer par l'effet des décharges l'action du courant continu.

L'intensité moyenne du courant des décharges est

$$n CE,$$

si elles se succèdent à des intervalles de temps égaux à $\frac{1}{n}$.

L'équilibre du galvanomètre donne

$$\frac{1}{R} = n C,$$

ce qui permet de mesurer un temps $\frac{1}{n}$ au moyen d'une longueur, la capacité C (système électrostatique) et d'une résistance déterminée. Si, par exemple, on avait $C = 1_{\text{farad}}$ et $R = 1_{\text{ohm}}$, on aurait $\frac{1}{n} = 1^{\text{sec}}$.

J.-B. POMEY,
Ingénieur en chef des Télégraphes.

Revues, analyses et informations

Quelques remarques sur l'électrification des chemins de fer.

La « Revue générale de l'Électricité » a publié, dans les numéros du 3 mars et du 15 avril 1917, un article de M. Ch. Dachary sur « l'application des transformateurs-suceurs à la ligne électrique à courant monophasé de Perpignan à Villefranche » de la Compagnie des chemins de fer du Midi. Cette installation a donné de bons résultats et fait disparaître tous les inconvénients que présentait le voisinage de la ligne monophasée pour les lignes télégraphiques et téléphoniques. Le succès obtenu par la Compagnie du Midi est donc une réhabilitation pour le courant monophasé employé en traction. Il ne peut manquer de fournir une occasion nouvelle de discussion sur les mérites relatifs du courant continu, du courant monophasé ou des courants triphasés. Aussi, bien que la question ait été déjà examinée un grand nombre de fois, nous croyons utile, pour ceux de nos lecteurs qui ne sont pas spécialisés dans la traction, d'indiquer sommairement les avantages et les inconvénients qui résultent de l'emploi de l'un ou l'autre de ces courants.

Le courant continu s'imposera par ses nombreux avantages pour les lignes courtes à faible ou à gros trafic ; il est tout désigné pour les lignes urbaines de tramways et pour les lignes métropolitaines et suburbaines à gros trafic. L'emploi d'automotrices à unités multiples permettra d'augmenter à volonté la capacité de transport de la ligne, sans modifier les horaires et sans augmenter la fréquence des départs, ce qui constituera une grande facilité d'exploitation et une économie assez grande de machinistes, c'est-à-dire de main-d'œuvre.

Mais, si la ligne est longue, on sera forcé d'avoir un grand nombre de sous-stations, il en faudra une tous les 6 à 10 km si on emploie une tension de 5 à 800 v et une tous les 20 à 25 km si on utilise une tension de 1 000 à 1 500 v. Il en résultera une dépense d'installation d'entretien et de main-d'œuvre considérable, chaque sous-station étant composée par des groupes rotatifs qu'il faudra constamment surveiller. Dans le cas des lignes longues, le courant continu est donc à rejeter malgré tous ses avantages : grand couple de démarrage, indépendance du couple et de la tension d'alimentation, emploi des équipements et unités motrices multiples, etc...

Il ne nous reste donc à notre disposition que le triphasé et le monophasé. Examinons d'abord le cas du triphasé. Jusqu'ici, le seul moteur employé est le moteur asynchrone, les moteurs triphasés à collecteurs qui ont fait leur apparition dans l'industrie n'ayant pas été, à notre connaissance, employés en traction. Ce moteur a le grand avantage d'être simple, robuste et de ne pas présenter de collecteur ; de plus, il permet de récupérer de l'énergie dès que sa vitesse dépasse la vitesse de synchronisme : il fonctionne alors en génératrice asynchrone, le courant déwatté nécessaire à son excitation étant fourni par la ligne elle-même ; encore ne faut-il pas dépasser une certaine vitesse, car il se produit alors un véritable décrochage. A côté de ces avantages, le moteur triphasé présente de gros inconvénients ; d'abord la nécessité d'avoir trois conducteurs distincts qu'il faut éviter de mettre en court-circuit et dont l'un, il est vrai, peut être mis à la terre et constitué par la voie de roulement crée une très grande complication dans l'équipement de la ligne aux embranchements et surtout aux bifurcations de

Digitized by Google

gares, la difficulté a été, d'ailleurs, très habilement combattue sur la ligne du Simplon; cet équipement à deux fils a aussi le désavantage de couter plus cher qu'une installation avec un seul conducteur. Il y a d'autres inconvénients encore plus graves. Le couple n'atteint pas son maximum au démarrage; de plus, il varie avec le flux et, par suite, avec la tension d'alimentation, d'où la nécessité de multiplier les sous-stations, statiques il est vrai, comme dans le cas du courant continu. Une autre difficulté qui se présente est le réglage de la vitesse : le moteur asynchrone n'a un bon rendement qu'à la vitesse voisine du synchronisme. Comment alors régler la vitesse, ce qui est indispensable en traction ? On a utilisé plusieurs systèmes. On peut employer deux moteurs en cascade, mais, quand on veut passer à la grande vitesse, il est très difficile de faire travailler les deux moteurs en parallèle, on ne marche plus qu'avec un moteur, l'autre constitue alors un poids mort.

Un deuxième procédé consiste dans la variation du nombre de pôles, mais, si cette variation est facile pour le stator, elle est plus délicate pour les rotors bobinés et exige pour chaque combinaison du stator une nouvelle combinaison du rotor et un nouveau jeu de résistances de Leblanc d'où augmentation du nombre des bagues, complication et prix plus élevé. La Société Brown Boveri a tourné la difficulté, dans les nouvelles locomotives du Simplon, en prenant des rotors en cage d'écureuils dont les barreaux de la cage sont constitués par des tubes de cuivre creux permettant une bonne ventilation. On utilise alors deux moteurs à nombre de pôles différent, avec deux enroulements au stator, par des combinaisons convenables de ces deux moteurs la Société Brown Boveri est parvenue à réaliser quatre vitesses de régime savoir : 25 km : h, 37,5 km : h, 50 km : h et 75 km : h. Ce dernier équipement, quoiqu'un peu compliqué, est très robuste et a donné toute satisfaction. Cependant, les désavantages que nous avons cités, plus haut, entre autres, la complication de la ligne de prise de courant aux embranchements et la nécessité de multiplier les sous-stations nous font penser qu'il vaut mieux chercher quelque chose de plus simple que l'emploi du triphasé. Il ne nous reste donc que le monophasé.

Avec le courant monophasé nous avons deux sortes de moteurs à notre disposition : le moteur série et le moteur à répulsion et ses dérivés. C'est le moteur série que l'on emploie généralement en traction ; il présente au point de vue du couple tous les avantages du moteur à courant continu, mais comme, en pratique, on ne peut l'employer que sous des tensions inférieures à 300 v, il faut avoir un transformateur sur la locomotive si, comme c'est presque toujours le cas, l'alimentation se fait à une tension supérieure. Ceci n'est pas un inconvénient mais un avantage ; en effet, il va permettre de supprimer les résistances de démarrage et la variation de vitesse se fera en faisant varier le rapport de transformation, ce qui est très facile à l'aide de prises convenables sur le secondaire du transformateur.

Nous pourrons donc alimenter directement à haute tension, dans le cas des lignes moyennes, et réduire au minimum le nombre des sous-stations statiques, dans le cas des grandes lignes. Il en résultera un très fort rendement. Malheureusement toute médaille à son revers. A côté de ces avantages le monophasé a de gros inconvénients. L'un d'eux, l'action sur les lignes télégraphiques et téléphoniques, vient d'être victorieusement combattu par la Compagnie des chemins de fer du Midi. Mais il en reste d'autres. A puissance égale le moteur monophasé est environ 1,5 fois plus lourd que le moteur continu, la commutation est moins bonne, on sera obligé d'employer des moteurs série compensés de différents systèmes. Le courant d'alimentation devra être à basse fréquence (on utilise 16 2/3 p : sec sur les lignes des chemins de fer du Midi, fréquence qui ne permet pas d'utiliser le courant de la ligne pour l'éclairage du train) pour éviter de grosses pertes par hystérésis et courants de Foucault. En résumé, le rendement du moteur sera plus faible que celui du moteur à courant continu équivalent. La centrale monophasée coûtera un peu plus cher que la centrale triphasée de même puissance. Malgré tout, nous pensons qu'en fin de compte ce qui est perdu d'un côté est amplement rattrapé de l'autre, et que la traction à courant monophasé est toute désignée pour les grandes lignes à gros ou à faible trafic, tandis que la traction à courant continu sera réservée aux lignes courtes, aux lignes métropolitaines et suburbaines à gros ou faible trafic. Nous rejetons le triphasé malgré ses avantages à cause de la nécessité d'avoir un grand nombre de sous-stations et surtout à cause de la complexité de la voie.

Il semble donc que tous les réseaux français qui veulent procéder à l'électrification de certaines lignes devraient s'entendre pour adopter les deux sortes de courant continu et monophasé, dans les conditions que nous venons d'indiquer, en unifiant les tensions d'alimentation afin que le matériel d'un réseau puisse fonctionner sur un autre. Il devrait en être de même pour les Compagnies de tramways qui pourraient utiliser le continu seul autorisé, à l'intérieur des villes, et le monophasé dans la campagne; les mêmes voitures pourraient être utilisées, comme cela a été fait à Lyon, à la condition qu'elles comportent un transformateur régulateur pour la régulation en marche à courant monophasé; les moteurs à courant monophasé ne pouvant fonctionner que sous 300 v environ, la marche en série seule est possible quand on utilise le courant continu, ce qui n'est pas un inconvénient à l'intérieur des villes où la vitesse est forcément réduite.

Avant de terminer, nous dirons que les voitures pétrolée ou benzo-électriques présentent de l'intérêt pour les lignes à très faible trafic où la dépense d'un équipement de voie serait prohibitive. De plus, les locomotives à équipement Ward Léonard sont très intéressantes. Le moteur d'entraînement de la génératrice pouvant être un moteur Diesel ou un moteur à vapeur comme dans la locomotive Heilmann. Ces machines pourraient, semble-t-il, donner d'excellents résultats surtout si, dans le cas de la machine à vapeur, on pouvait utiliser la turbine à vapeur comme moteur d'entraînement de la génératrice électrique. Il s'agirait de savoir si la dépense supplémentaire due à l'équipement de la locomotive et à la dépense un peu plus forte de combustible ne serait pas amplement compensée par l'économie réalisée sur l'équipement de la voie, sur la suppression de la centrale et des pertes en ligne. Un avantage considérable de l'emploi de ces machines serait que, comme pour les locomotives uniquement à vapeur, la marche de toute une ligne ne serait pas à la merci d'un accident à la centrale ou à la ligne de distribution.

Elles auraient aussi l'avantage sur les locomotives à vapeur actuelles de présenter moins de résistance au roulement et de fatiguer beaucoup moins les voies toutes les masses étant parfaitement équilibrées.

Pour finir, nous signalerons la très intéressante locomotive à courant redressé de MM. Auvert et Ferraud, essayée sur le P.-L.-M., qui permet d'avoir tous les avantages du courant continu tout en étant alimentée en courant monophasé à haute tension.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

La protection des installations hydrauliques contre les glaces

Le fonctionnement des usines hydro-électriques des régions froides est souvent troublé, en hiver, par les glaces. Dans la lutte contre ces ennemis, on emploie les moyens les plus divers, inspirés dans la majorité des cas par les conceptions différentes de la formation des glaces. L'auteur se propose donc d'étudier successivement les inconvénients des glaces pour les installations hydrauliques, les diverses théories, émises jusqu'ici sur leur formation en commençant par les plus anciennes pour terminer par les tout récentes, et enfin les mesures de protection contre les glaces, aussi bien préventives que défensives, actuellement employées. L'article ci-dessous traite la première partie jusqu'aux théories nouvelles exclusivement.

Les progrès nouveaux de la science, l'emploi de plus en plus large de l'électricité dans les domaines les plus divers communiquent à l'industrie un développement toujours plus rapide dont il est impossible de prévoir les limites.

Malheureusement, tel n'est point le cas des combustibles qui forment la condition indispensable, non seulement du développement, mais du fonctionnement même des usines et fabriques de toutes espèces. « Pas de feu sans bois », cet adage quelque peu vieillot (car la science n'a-t-elle point trouvé depuis maintes autres manières de faire du feu!) peut cependant être appliqué à l'industrie. Pas d'industrie sans force motrice, pas de force motrice sans combustible. Du moins telle a été, il y a quelques dizaines d'années encore, l'opinion générale. Mais, à l'époque d'inventions que nous traversons, qu'y a-t-il d'étonnant à ce qu'on ait trouvé, entre autres choses, le moyen de produire la force motrice sans secours d'aucun combustible ? L'homme qui cherche à utiliser à son profit toutes les forces de la nature, a réussi à produire la force motrice à l'aide de l'énergie développée par les chutes d'eau.

Mais, si cette utilisation nouvelle de la force hydraulique autorise l'industrie à envisager sans terreur la disparition des forêts, le renchérissement toujours croissant de la houille et même l'épuisement fréquent de ses gisements, elle n'est malheureusement pas encore suffisamment répandue ni perfectionnée pour permettre, d'ores et déjà, une large substitution de cette énergie aux combustibles employés jusqu'ici. Car l'utilisation de la force hydraulique qui a encore une maille à retordre avec le régime juridique des eaux, le plus souvent hostile à leur large exploitation industrielle, doit également surmonter de nombreuses difficultés techniques qui entravent maintenant son développement.

Or parmi ces dernières, il s'en trouve une particulière aux régions septentrionales et qui n'a pas encore pu être vaincue malgré les combats énergiques qu'on lui livre chaque hiver. Nous voulons parler des inconvénients présentés pour les installations hydrauliques par la formation des glaces.

Cependant, les froids intenses de cet hiver ont fait souffrir également les usines situées plus au sud et qui n'avaient ordinairement pas à redouter l'attaque des glaces. L'étude de ces dernières présente ainsi, non seulement un intérêt scientifique, mais encore une importance pratique considérable.

I. —**Les inconvénients des glaces pour les installations hydrauliques.** — On distingue, comme nous le verrons plus loin, deux sortes de glaces : la glace de surface et la glace de fond ou sorbet. Différentes par leur formation, elles sont également douées de propriétés différentes. Les inconvénients qu'elles causent ne sont donc point semblables et n'exigent pas les mêmes remèdes. Nous aurons, par conséquent, à considérer séparément les deux cas.

1° Les inconvénients de la glace de surface. — La glace de surface, quoique beaucoup moins malfaisante que le sorbet, n'est cependant pas sans danger pour les installations hydrauliques. Lorsqu'il s'agit de petites rivières calmes, la congélation, commencée à la surface, peut se continuer jusqu'au fond, arrêtant ainsi totalement leur cours, et partant, le fonctionnement même de l'usine.

Quand un fleuve ou un canal d'amenée, trop important pour se congeler entièrement, se couvre d'une écorce glaciale, sa section transversale est sensiblement diminuée, tandis que les frottements deviennent beaucoup plus forts que dans un fleuve ou un canal ouvert à parois unies. Un même débit y exige une pente plus considérable. Le niveau peut donc s'élever dans la partie amont et, si l'on n'a pas eu soin de réduire l'admission à la prise, on court le risque d'être surpris par un débordement qui peut rompre la digue et causer une catastrophe.

Mais quelquefois, le courant trop rapide empêchant une congélation régulière, c'est-à-dire la formation d'une croûte ininterrompue, le fleuve reste par endroits découvert, les glaçons, venus de l'amont, traversent alors cette lacune et sont arrêtés par son bord inférieur,

Digitized by Google

où ils s'accumulent peu à peu. Il s'y produit à la longue un entassement qui forme un véritable barrage et peut, si le fleuve n'est pas très large, arrêter complètement son cours. Un pareil barrage est aussi dangereux pour les usines placées à l'amont qui risquent d'être brisées par le tourbillon qui s'y produit, que pour celles situées à l'aval dont l'activité est arrêtée par le manque d'eau que le barrage empêche de passer.

Le même phénomène peut être produit par un fort vent qui brise la glace déjà formée. Le courant ainsi libéré emporte alors les débris pour en former des barrages analogues aux précédents. Un pareil accident s'était produit en 1909, pendant les mois de février et de mars, sur les chutes de Niagara où le mur de glace atteignit la hauteur de 24 m au-dessus du niveau normal de la glace, élevant l'eau à la hauteur de plus de 12 m au lieu de 8,50 habituels. Des dégâts graves furent causés par cette inondation aux usines situées à l'amont du mur de glace (Ontario-Power Co, Canadian Niagara-Power Co, etc.), tandis que celles construites à l'aval (Niagara Falls Hydraulic Power and Manufacturing Co, Niagara Falls Power Co, etc.), durent arrêter leur fonctionnement faute d'eau.

La débâcle des fleuves, au printemps, cause fréquemment des dégâts plus ou moins considérables aux installations hydrauliques. D'énormes blocs de glace, des glaçons de toutes dimensions et des matières étrangères qui se trouvaient sur l'écorce glaciale au moment de débâcle obstruent souvent le fleuve jusqu'à en arrêter le débit et le forcent ainsi à remonter, inondant les usines installées en amont. D'autres fois, ils sont entraînés par le courant brisant, tels des béliers gigantesques, tous les obstacles naturels ou artificiels qu'ils rencontrent sur leur chemin. Lorsque le fleuve est puissant, ponts et barrages sont emportés au gré des flots ; les installations hydrauliques n'y résistent pas davantage et exigent souvent beaucoup de temps et d'argent pour se remettre d'une débâcle.

2° Inconvénients du sorbet. — Cependant, en dehors de ces inconvénients plus ou moins fréquents, mais toujours occasionnels, la glace de surface présente moins de danger que ces glaces flottantes qu'on appelle le sorbet, dont nous exposerons plus bas la formation et les propriétés.

Composé de cristaux et d'aiguilles de glace très fines entraînés par l'eau, le sorbet se forme sur des fleuves à courant trop rapide pour permettre la formation d'une écorce glaciale. Les installations hydrauliques ont donc très souvent à le combattre, car elles sont construites de préférence sur les cours d'eau rapides qui revêtent rarement un manteau glacial mais qui charrient par contre des quantités considérables de sorbet. Or, ce dernier, fluide et friable, se colle à tout ce qu'il rencontre et empêche le fonctionnement des machines. Lorsqu'il passe à travers les grilles, il s'agglomère dans les turbines et les arrête.

Quand, au contraire, le sorbet est arrêté par les grilles, il s'amasse dans la chambre de mise en charge, d'abord en surface, puis en épaisseur et finit par former dans toute la chambre une masse flottante de 2 à 3 m d'épaisseur et davantage qui restreint de plus en plus l'accès d'eau vers les grilles. Lorsque ces dernières s'engorgent, même en partie, le niveau du fleuve baisse en arrière d'elles. Le mélange d'eau et de glace se trouvant entre leurs barreaux gèle dans l'air froid et transforme la grille en un mur étanche (comme le montre la figure 1). Ce mur laisse le bassin complètement vide à

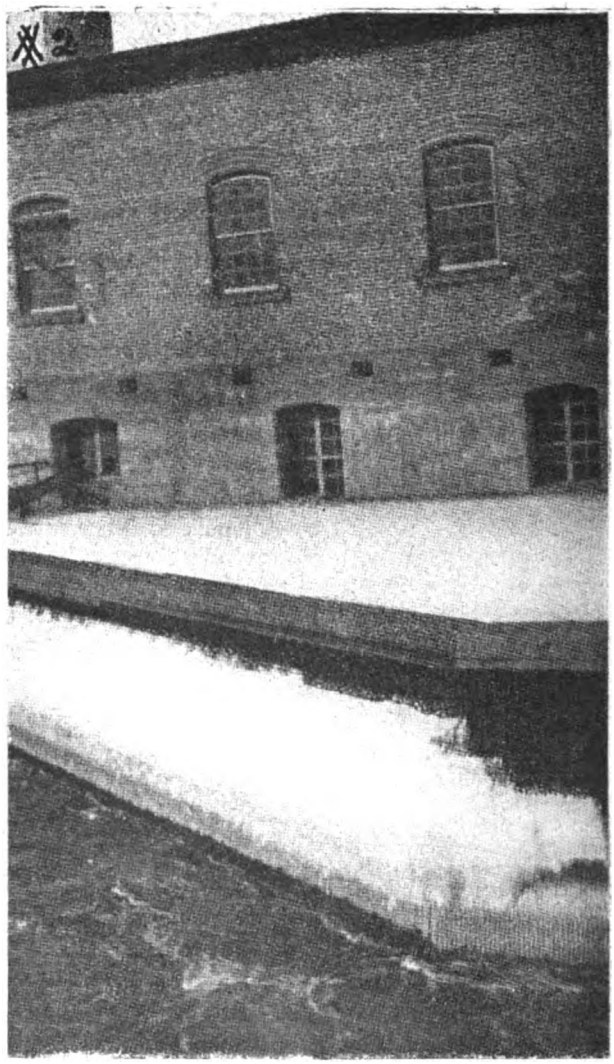


Fig. 1. — Une grille métallique qui a été submergée pendant une nuit par les flots charriant du sorbet.

l'aval et soutient à l'amont une charge d'eau considérable, qui risque fort de briser la grille.

Il arrive aussi quelquefois, comme c'était le cas d'une centrale sur la Léna par exemple, que le sorbet charrié par les eaux et les glaçons collés au fond remplissent le canal au point que l'eau déborde. Les dégâts, quoique beaucoup moins graves que dans le cas précédent, ne sont néanmoins pas à négliger.

Digitized by Google

Comment peut-on parer au danger des glaces ? Pour bien combattre un ennemi, il faut bien le connaître. De même, pour lutter efficacement contre le danger des glaces, il est nécessaire d'étudier attentivement leur formation et les causes de cette dernière ainsi que les moyens de l'empêcher, ou, à défaut, de détruire ou de détourner des usines les glaces déjà formées.

Nous étudierons donc d'abord la partie théorique de la question exposant les opinions qui ont été émises là-dessus et les diverses théories qu'elle a fait naître, nous proposant de traiter, dans la suite, son côté pratique, c'est-à-dire la lutte contre les glaces dans ses diverses phases et les différents procédés employés, dont nous indiquerons l'opportunité et le succès.

Mais, tandis que la plupart des questions techniques de l'industrie moderne ont fait l'objet de nombreuses études, on ne peut guère citer en fait de travaux de quelque importance traitant la question de glaces dans les installations hydrauliques que :

Un livre intéressant et très documenté du professeur américain H.-P. Barnes, « Ice Formation » [1], qui sert de base aux nombreuses études sur ce sujet. Ainsi les rapports sur les fleuves de Winnipeg et de Bow, préparés pour le Service des forces hydrauliques du Canada par les soins de MM. J.-T. Johnston [2] et M.-C. Hendry [3] et le rapport de M. Ch.-H. Mitchell [4] sur les forces hydrauliques du Canada qui traitent la question des glaces dans des chapitres spéciaux, s'inspirent de près de l'ouvrage de M. Barnes.

Un article de F.-H. Allner sur « la Défense contre les glaces à l'usine hydraulique de Holtwood », publié par l' « Engineering Record » du 17 juillet 1915.

Parmi les auteurs européens ayant écrit sur la même question, nous pouvons nommer :

M. Lokhtine, ingénieur russe, qui, dans une étude intéressante portant comme titre « Phénomènes de la congélation des rivières » [5], relate les résultats de ses expériences, effectuées sur les cours d'eau de son pays, et expose une théorie nouvelle de la formation des glaces flottantes qu'il en a déduite.

Le docteur Luscher a publié, en Suisse, sa thèse sur « la glace de fond (das Grundeis) » [6], comprenant, elle aussi, une théorie qui a beaucoup de points de contact avec celle de M. Lokhtine.

Enfin, en France, sans compter Arago et Gay-Lussac qui en ont parlé, le « Génie civil », du 21 et 28 janvier 1911, a inséré un article documenté du commandant Hoc sur « les glaces dans les usines hydrauliques ».

II. — **La formation des glaces.** — En parlant des glaces, on se représente généralement cette écorce transparente plus ou moins épaisse qui, comme un blanc manteau, recouvre les eaux des régions septentrionales à l'arrivée des grands froids. Mais la question de glaces n'est point aussi simple qu'elle l'apparaît à première vue. Les observations, malheureusement peu nombreuses, et les expériences assez rares ont cependant suffi à démontrer la présence dans les eaux hivernales de deux espèces de glaces différentes.

1° Glace de surface. — La première, connue sous le nom de glace de surface (sheet ice), est justement cette écorce glaciale qui recouvre en hiver la plupart des lacs et des cours d'eau des pays froids. Sa formation, qui a pour cause la radiation et la conductibilité de la surface de l'eau, n'a guère provoqué de discussions.

Observons la congélation d'un cours d'eau quelconque. A mesure que l'hiver avance, la température de l'air s'abaisse entraînant le refroidissement de la surface de l'eau. Cependant, grâce à la présence de courants à l'intérieur du liquide, les couches refroidies descendent vers le fond cédant leur place aux couches encore chaudes qui remontent à la surface, et, après y être refroidies, sont à leur tour remplacées par les suivantes.

Ce mouvement de l'eau a lieu jusqu'à ce que toute sa masse ait atteint une température uniforme de 4° C. Alors, l'eau restant immobile, sa surface se refroidit rapidement jusqu'au point de congélation. On voit à ce moment apparaître dans l'eau de longs et fins cristaux de glace, semblables à des aiguilles, qui se déplacent des bords, où a lieu leur formation, vers le milieu du fleuve. Bientôt ils se ramifient et se divisent, d'abord près des rives, puis vers le milieu où ils se rejoignent enfin, couvrant d'un fin réseau, d'une toile d'araignée gigantesque, toute la surface du fleuve. L'eau, emprisonnée dans ses mailles, s'y solidifie bientôt, forme un feuillet de glace qui revêt d'un linceul transparent le fleuve soudain immobilisé.

Mais le progrès de la congélation ne s'arrête pas là. La glace est encore trop fine, trop fragile, le moindre vent peut la briser. Or, bonne ouvrière, la Nature n'aime pas laisser ses œuvres inachevées. Sous son écorce transparente l'eau continue donc à se congeler, formant toujours de nouvelles couches qui épaississent le manteau glacial par en bas. La congélation se poursuit jusqu'à ce qu'il tombe de la neige dont le tapis empêche la radiation, et, par suite, arrête l'épaississement de l'écorce glaciale.

Cette dernière dépend également en grande partie des vents qui, par-ci nettoient la surface de la glace, par-là entassent des monceaux de neige, déterminant ainsi l'épaisseur plus ou moins grande du manteau hivernal des eaux.

(1) *Ice Formation with special reference to Anchor-ice and Frazil*, by Howard Barnes. (John Wiley and Sons, éditeurs, New-York 1906.)

(2) *Winnipeg River Power and Storage Investigations*, by J.-T. Johnston. Water Ressources Paper, n° 3, 1, Dominion Water Power Branch, Ottawa, Canada, 1915.

(3) *Bow River Power and Storage Investigations*, by M.-C. Hendry. Water Ressources Paper, n° 2. Water Power Branch, Ottawa, Canada, 1914.

(4) *Annual Report 1914-15 of the Dominion Water Power Branch, Ottawa, Canada 1916.*

(5) *Phénomènes de la congélation des rivières*, par M. Lokhtine. (Béranger, éditeur, Paris, 1907.)

(6) *Das Grundeis*, par le docteur Luscher. (Emil Wirz, éditeur, Aarau, 1906.)

Digitized by Google

En Sibérie, sur le lac Baïkal, si vaste que les paysans le nomment pieusement la « Sainte-Mer », et sur lequel on circule l'hiver en traîneaux, on rencontre souvent des endroits où la glace, balayée continuellement par les vents, atteint une épaisseur énorme tout en restant si transparente qu'elle permet d'apercevoir des poissons saisis par le froid et figés dans leur cercueil limpide dans les poses les plus variées. Cet aspect est tellement saisissant qu'il fait souvent reculer et se cabrer les chevaux qui s'imaginent être au bord de l'eau courante. Mais quelques kilomètres ou même quelques mètres plus loin, traversant un champ de neige épaisse, le voyageur, peu familiarisé avec le chemin, sent souvent se briser sous le traîneau la croûte glaciale, trop mince en cet endroit pour supporter le poids de l'attelage, qui prend alors un bain glacial, involontaire et souvent fort dangereux, surtout lorsque le rivage est éloigné. Ces endroits à glace mince, nommés « polinia », se rencontrent également sur les fleuves sibériens.

Le vent peut aussi retarder la formation de l'écorce glaciale en brisant la fine couche de glace nouvellement formée. Quelquefois, il chasse les morceaux, les jette sur les rives ou sur la glace plus épaisse et les amoncelle les uns sur les autres. Alors la congélation se fait irrégulièrement et le manteau glacial qui recouvre enfin le fleuve présente un aspect sale et hérissé.

Il arrive quelquefois que le cours d'eau commence par se congeler à l'aval. Les glaçons apportés par le courant sont alors jetés sur le bord de la glace déjà formée et, lorsque la congélation est terminée, l'écorce glaciale présente à cet endroit un bourrelet caractéristique. D'autres fois, le fleuve se congèle près des rives tandis que son milieu reste découvert beaucoup plus longtemps.

Les variations de température exercent également une influence sur l'écorce glaciale déjà formée. Le froid plus intense provoque des crevasses, causées par la diminution du volume de la glace; mais l'eau, qui jaillit par ces fentes, les bouche rapidement en se congelant. L'élévation de la température augmente, au contraire, le volume de la glace qui monte alors sur les rives où elle forme souvent de grands amoncellements.

La glace de surface, une fois formée, se maintient généralement jusqu'à l'arrivée des chaleurs printanières qui libèrent enfin les eaux captives. La débâcle des fleuves peut également présenter certaines anormalités et causer, comme nous l'avons vu, de graves préjudices aux installations hydrauliques.

2° Glace de fond ou sorbet. — Mais on ne trouve la glace de surface que sur les lacs et sur les fleuves plus ou moins calmes. Quant aux autres cours d'eau, la rapidité du courant y étant trop grande pour permettre leur congélation complète, ils restent, comme il a été indiqué ci-dessus, découverts une partie ou même tout l'hiver.

On rencontre cependant dans ces eaux des masses de glaces flottantes spongieuses et poreuses et tellement imbibées d'eau qu'elles ressemblent à une bouillie de neige à demi fondue. Leurs parties émergées ont une couleur blanchâtre tandis que celles plongées dans l'eau sont transparentes. Extrêmement fluide, cette glace semble faire un seul tout avec l'eau qui l'entoure; elle se déforme et se reforme avec un bruit sec très caractéristique à chaque obstacle qu'elle rencontre sur son chemin et ne ressemble en rien aux glaçons compacts et solides que l'on voit charrier aux cours d'eau tranquilles. On rencontre également ces masses de glace dans les fleuves à courant inégal et présentant, par suite, des alternatives de croûte glaciale et d'eau découverte, soit flottantes dans ces éclaircies, soit collées à la face inférieure de l'écorce glaciale.

L'eau qui charrie ces glaces a un aspect trouble et jaunâtre. Lorsqu'on en prend dans un vase quelconque, où on la laisse se reposer, elle s'éclaircie rapidement tout en se recouvrant d'une fine croûte glaciale formée par de minuscules cristaux de glace qui étaient en suspension dans l'eau agitée du fleuve.

La même glace, formée par des cristaux et des aiguilles très fines, recouvre les pierres et les algues, qui se trouvent sur le lit de ces cours d'eau et se dépose sur tous les objets qu'on descend au fond du fleuve et qu'on y laisse séjourner pendant quelque temps. Souvent ces glaces remontent à la surface, entraînant dans leur mouvement ascendant des objets qu'elles recouvraient et qui atteignent quelquefois des poids considérables.

Qu'est-ce donc que ces glaces? Quel est leur nom? Comment se forment-elles? Restées longtemps inétudiées, elles ne l'ont pas encore été suffisamment pour que le mode de leur formation soit bien éclairci. Aussi font-elles l'objet de plusieurs théories plus ou moins anciennes et plus ou moins justes, qui ont également donné naissance à plusieurs noms servant à désigner cette espèce de glace.

Le nom le plus anciennement connu en France et le seul scientifique en langue française est « la glace de fond » résultant de la théorie du même nom, théorie très répandue, mais que les études récentes ont montrée être fausse.

Un autre nom, celui-là purement populaire, donné à ces glaces flottantes par les ouvriers de l'usine de la Brillane (sur la Durance) qui eurent à les combattre, est le « sorbet ». C'est celui que nous allons employer de préférence dans la suite car, ne préjugeant en rien du mode de la formation, il n'entraîne, par conséquent, aucune notion qui puisse fausser le raisonnement.

Parmi les noms étrangers, citons celui donné en Allemagne « Grundeis » qui est la traduction exacte de la « glace de fond », et le nom « Sulz » employé en Suisse allemande. M. Lusher, dont nous allons examiner plus bas la théorie, distingue « Galerteis » ou « glace en gelée », « blätteriges Grundeis » ou « glace de fond en feuillets » et « körniges Grundeis » ou « glace de fond en grains ».

Il en est de même de l'Angleterre où, à côté du nom de

Digitized by Google

« ground ice » ou « glace de fond », existe celui de « ice-jam » ou « marmelade de glace ».

En Amérique, on appelle cette glace « frazil-ice », lorsqu'elle flotte à la surface, et « anchor-ice », quand elle est collée au fond.

Enfin M. Lokhtine la désigne sous le nom d' « alluvion glaciale » à la suite d'une théorie nouvelle qui nous paraît être la plus conforme à la vérité. Pour exposer toutes ces théories de la formation du sorbet nous adopterons l'ordre chronologique, les présentant l'une après l'autre dans l'ordre où elles ont été émises.

Théorie d'Arago. — Arago, le grand physicien français, en a parlé le premier dans l' « Annuaire du Bureau des Longitudes ». Il attribue la formation du sorbet, dont la présence a été constatée dans plusieurs fleuves tels que Seine, Tamise, Elbe, Rhin, Danube, Vistule, Néva, Angara, etc., à trois causes :

1° Interversion de l'ordre hydrostatique par le courant qui produit le mélange d'eau provenant des couches froides de la surface, dont la densité est inférieure au maximum, avec celle plus chaude des couches inférieures, jusqu'à ce que la température de tout le liquide tombe au point de congélation;

2° La formation des cristaux de glace sur les pierres et les aspérités du lit du fleuve dont l'eau est entièrement refroidie à 0°, formation semblable à celle des cristaux de sel qui se déposent sur les objets pointus ou irréguliers, plongés dans la solution saline saturée.

3° L'existence de moins d'obstacles à la formation des cristaux dans les couches tranquilles du fond que dans celles plus agitées de la surface.

Or, la théorie d'Arago présente plutôt un intérêt historique; sa valeur actuelle est faible. Nous avons vu, en effet, que la première condition est également applicable à la formation de la glace de surface et ne présente, par suite, rien de particulier pour celle du sorbet; la seconde ne suffirait point à expliquer les dépôts, souvent énormes, de cristaux de glace, la cristallisation spontanée étant beaucoup trop lente. Quant à la troisième cause, elle est contraire à la réalité, la présence de la glace de fond ayant été constatée plutôt dans les courants rapides que dans les cours d'eau calmes.

Théorie de Gay-Lussac. — Gay-Lussac a combattu la théorie d'Arago, affirmant que la cristallisation aurait pu avoir lieu, non pas dans la solution saturée que présente l'eau à zéro, mais seulement dans une solution sursaturée, c'est-à-dire dans l'eau au-dessous de zéro, température que l'eau dans le fleuve n'atteint jamais. Il oppose à la théorie d'Arago, sa propre théorie, selon laquelle la glace, observée au fond, se forme d'une quantité de glaçons minuscules, qui flottaient à la surface de l'eau pendant la gelée, et dont le côté tourné vers l'air a été refroidi au-dessous de zéro. Portés ensuite par le courant vers le fond, ils adhèrent par leurs surfaces refroidies aux objets qu'ils y rencontrent.

Mais Maur, en démontrant que ces glaçons auraient pris en s'enfonçant la température de l'eau a provoqué l'échec de toute la théorie de Gay-Lussac malgré la justesse de certaines de ses parties.

Nous ne discuterons point toutes ces théories, qui sont déjà de l'histoire ancienne, et les abondonnerons pour passer à celle connue sous le nom de théorie de la glace de fond qui a été pendant longtemps la seule admise et trouve encore actuellement crédit auprès de maints auteurs.

Théorie de la glace de fond. — Cette théorie a pour point de départ la présence déjà signalée de fins cristaux et aiguilles de glace sur les objets qui se trouvent au fond de l'eau. Quelquefois, ces cristaux les décorent d'arabesques semblables à celles que la moisissure dessine sur les murs des caves humides; d'autres fois, ils les revêtent entièrement d'une couche plus ou moins épaisse. Tous les objets plongés profondément dans l'eau, et remontés après un séjour de quelque durée, reviennent couverts de cristaux de glace. Les filets soumis à la même expérience prennent l'aspect de ces châles en chenille qu'affectionnent les personnes frileuses.

Par le temps de soleil, la glace remonte à la surface, s'arrachant aux objets qu'elle recouvrait, ou bien les entraînant avec elle dans son mouvement ascendant. A la surface, elle forme une bouillie qui garde le plus souvent les traces de sa provenance telles que boue, grains de sable, débris de toute sorte, etc., qui y sont incrustés.

La théorie de la glace de fond prétend donc que ces cristaux ont été formés par suite de l'influence sur l'eau des objets plongés au fond, dont la température devient inférieure à celle du milieu environnant. De fins cristaux, qui sont le résultat du refroidissement de l'eau, se déposent alors sur ces objets.

Cette explication, qui a le grand avantage de la simplicité, paraît si plausible qu'elle a été, comme nous l'avons dit, admise pendant longtemps presque universellement et subsiste encore chez certains auteurs, quoique les expériences ultérieures aient démontré sa fausseté. Elle forme également la base d'une théorie quelque peu différente, qui divise les cristaux de glace, suivant la place où ils ont été trouvés, en « frazil-ice » ou sorbet et « anchor-ice » ou glace de fond. Cette dernière théorie, exposée magistralement par M. Barnes, professeur de physique à Mac Gill University à Montréal (Canada), dans son livre intéressant sur la « Ice-Formation », cité plus haut, est admise par la plupart des auteurs américains qui ont traité la question des glaces. Nous allons lui consacrer ci-dessous un chapitre spécial.

Théorie des frazil et anchor-ice du professeur Barnes. — Comme nous l'avons déjà dit, M. Barnes reconnaît, à côté de la glace de surface (sheet ice), sur la formation de laquelle tous les auteurs sont unanimes, l'existence de deux autres espèces de glace qu'il nomme frazil-ice et anchor-ice. Nous allons exposer sa théorie en nous tenant aussi près que possible de son livre. Pendant cet exposé, nous conserverons à ces deux espèces de glace leurs noms anglais afin d'éviter les confusions; les termes français de « sorbet » et de « glace de fond » étant trop souvent employés comme synonymes.

a) Frazil-ice. — Frazil, qui est un terme de provenance française, dérive du mot « fraisil ». Il est importé du

Digitized by Google

Canada français où on l'employait pour désigner ces fins cristaux de glace qui ressemblent au fraisil. Frazil-ice se forme toujours dans l'eau découverte, dont le courant est trop rapide pour permettre à l'écorce glaciale partant des rives, de se rejoindre au milieu du fleuve. On l'appelle souvent « slush-ice » ou « boue glaciale ».

Frazil-ice est une glace de formation superficielle qui n'a pas pu rester congelée à l'écorce glaciale; la dimension de ses cristaux dépend du degré d'agitation de l'eau. Ainsi la surface des fleuves plus calmes se couvre de plaques de fine glace qu'on appelle « plate-ice » ou « glace en plaques ». Par contre, dans les rapides ou au pied des chutes, l'eau se remplit de particules de glace excessivement fines en forme d'aiguilles qui, emportées au large, s'accumulent ensuite en masses souvent considérables.

On peut produire du frazil artificiellement en agitant fortement de l'eau dans une atmosphère très froide. Ainsi un seau, placé à l'air libre par un jour froid de l'hiver et fortement agité, se transforme rapidement en une sorte de bouillie, par suite de l'accumulation dans le liquide d'une grande quantité de fins cristaux de glace.

On peut également procéder d'une façon plus perfectionnée ; dans un récipient hermétiquement clos on enferme de l'air liquide qui y bout et qui se dirige ensuite par deux tubes de verre dans un vase, également en verre, rempli d'eau et plongé dans un mélange d'eau et de neige dont la température se maintient au point de congélation. L'air froid barbote dans cette eau, agitée en outre à l'aide d'un dispositif spécial. Avec ce procédé, l'eau se remplit peu à peu de fines aiguilles de glace exactement semblables à celles du frazil.

Les thermomètres sensibles aux variations de 0,0001° permettent de constater que la formation de ces cristaux commence lorsque la température de l'eau est de 0,01° environ inférieure au point de congélation. D'autres expériences, qui ont permis de déterminer cette température avec plus de précision, l'ont évaluée à 0,014° C au moment de la formation des premiers cristaux de glace et à 0,006 lorsque la quantité de ces derniers atteint 20 pour 100.

Pendant les grands froids et un fort vent, les fleuves découverts se remplissent jusqu'au fond d'aiguilles de glace. L'eau semble alors être d'une couleur sombre et contenir d'innombrables grains de sable. L'eau, prise à n'importe quel moment pendant les froids, contient des cristaux de glace qu'on peut apercevoir en versant un peu de liquide dans un verre transparent. Toutefois, leur quantité dépend du temps qu'il fait.

Ils sont le plus nombreux par un jour sombre et orageux, lorsque le vent souffle contre le courant et l'eau est violemment agitée et rapidement refroidie. Les objets plongés alors dans l'eau se recouvrent d'une couche épaisse de frazil, dont les cristaux se congèlent également en grandes masses qui surnagent à la surface.

Au contraire, un jour clair et ensoleillé, quoique très froid, ne semble pas favoriser leur formation, car l'absorption des rayons solaires par la surface du fleuve paralyse l'effet refroidissant de l'air.

Le frazil se forme en masse par des nuits claires et de fort vent, surtout lorsque la température est suffisamment basse. En effet, ce cas présente la réunion de deux conditions nécessaires à sa formation qui sont : la radiation de l'eau et même du lit du fleuve et l'absorption de la chaleur par l'air.

En somme, un certain volume d'eau découverte contient beaucoup plus de glace en forme de cristaux de frazil que n'en renfermait la croûte glaciale qui recouvrirait sa surface si le courant trop rapide ne l'en empêchait. C'est pourquoi les canaux ouverts sont si mauvais pour les installations hydrauliques. Cet inconvénient ne disparaît pas lorsqu'ils ne sont découverts qu'en partie, car le frazil, qui se forme sur ce parcours, est ensuite entraîné par l'eau jusque sous l'écorce glaciale où il s'amasse en quantités souvent si considérables qu'il touche le fond ; on a vu des amoncellements de frazil atteindre 25 m. Il arrive souvent à former de véritables barrages en travers du canal ou des entassements de deux côtés, près des bords, qui ralentissent le cours d'eau et quelquefois l'arrêtent complètement.

On pratique facilement des sondages à travers les amas de frazil; mais souvent les cristaux sont si solidement congelés l'un à l'autre que leur masse résiste à tous les efforts de pénétration.

La distance à laquelle le frazil est transporté par l'eau est fort variable ; elle dépend de la rapidité du courant et de la section du canal. Ainsi, sur le fleuve de Saint-Laurent à Montréal, on trouve jusqu'à Verrens du frazil formé dans les rapides de la Lachine, c'est-à-dire à 19,5 km en amont et peut-être même plus loin, car le fleuve est privé de glace à 11 km au-dessus de ces rapides.

L'agglomération des cristaux du frazil, produits par le refroidissement des couches inférieures de l'eau, se fait par un procédé que M. Barnes appelle « nucléation ». Les aiguilles de glace se congèlent autour de certaines de leurs semblables, ou bien de quelques corps étrangers, tels que grains de sable, cailloux, etc., qui forment ainsi les noyaux primitifs. Les agglomérations s'accroissent ensuite de plus en plus, quelquefois jusqu'à atteindre des dimensions considérables.

Lorsque la température de l'air s'élève, et surtout lorsqu'il pleut, celle de l'eau dépasse également le point de congélation. Toutefois, elle ne s'en éloigne que très peu, aussi longtemps que l'eau contient des masses ou même des cristaux de glace.

b) Anchor-ice. — Qu'est-ce donc que cette seconde espèce de glace flottante ? Dans les explications précédentes, données sur le frazil, nous l'avons laissé complètement de côté. Voyons donc maintenant comment M. Barnes décrit et explique sa formation.

Le terme d' « anchor-ice », qui semble être de provenance américaine, et qui signifie la glace de fond, désigne, ainsi que les noms de « ground-ice », « bottom-ice » et » ground-gru », les cristaux de glace collés au lit des fleuves qui ne se congèlent pas en hiver. Cependant, on trouve l'anchor-ice plutôt dans les cours d'eau peu profonds et pas trop tumultueux, tandis que les

Digitized by Google

fleuves profonds et torrentiels donnent lieu à la naissance du frazil. Ainsi on ne rencontre presque pas d'anchor dans les cours d'eau dont la profondeur dépasse 9 à 12 m et qui abondent, par contre, en frazil.

Toutefois, certains observateurs ont constaté la présence de grandes masses d'anchor au fond de la mer, près de la côte de Terre-Neuve, à une profondeur de 18 à 21 m et dans un autre endroit, même à 31 m. On attribue ce phénomène à la transparence plus grande de l'eau marine qui permet la transmission de la chaleur de radiation des profondeurs plus grandes que celles d'où elle peut monter à travers les flots turbulents d'un fleuve.

On explique, en effet, la formation de l'anchor-ice par la radiation de la terre qui a lieu par un temps clair et froid. Le dégagement par le lit du fleuve d'une quantité plus ou moins grande de chaleur qui se répand dans l'air donne lieu à la formation au fond des cours d'eau de dépôts souvent considérables d'anchor-ice. En effet, la formation de ce dernier aurait-elle lieu d'ailleurs que dans les rapides très peu profonds, si leur fond ne se couvrait, du fait de sa radiation, d'une première couche de glace ? M. Barnes répond à cette question par le raisonnement suivant : l'eau qui coule sur les cailloux qui tapissent le lit des cours d'eau a toujours une température très rapprochée du point de congélation. Les écarts ne dépassent jamais 0,01°. Le lit est faiblement réchauffé par la chaleur arrivant par conductibilité des profondeurs de la terre.

Il est cependant difficile de comprendre comment la glace peut se former par la chaleur, directement dans l'eau dont la température la plus basse qu'on ait jamais observée est de 0,006°, ce qui ne peut, semble-t-il, exercer une grande influence sur le refroidissement du lit du fleuve. A l'inverse d'un sol découvert, soumis à une action directe, il ne peut donc geler à aucune profondeur.

La radiation de la chaleur du lit du fleuve se fait toujours dans l'air plus froid. Pendant les jours clairs, la chaleur solaire pénètre à travers l'eau et compense le refroidissement produit par la radiation du lit. Mais par un jour brumeux ou nuageux, les rayons calorifiques sont réfléchis par des nuages. Les nuits claires d'hiver, lorsque l'air est calme, sont particulièrement favorables à la radiation.

On sait, en effet, qu'une faible portion seulement de chaleur solaire peut traverser l'eau; ce sont les premières couches de cette dernière qui en absorbent la plus grande partie, ne laissant que très peu de rayons pénétrer jusqu'au lit du fleuve.

Mais il en est autrement de la radiation du lit dont les rayons de grande longueur d'onde traversent l'eau beaucoup plus facilement. Il semblerait, à première vue, que le lit du fleuve reçoit beaucoup plus de chaleur du soleil qu'il n'en dépense en radiation. Cependant, cette proportion apparente est entièrement changée par l'absorption des rayons solaires par l'eau, qui laisse cependant passer la plus grande partie sinon toute la chaleur de radiation, phénomène qui donne lieu à la formation de l'anchor-ice.

Ainsi, les objets, qui ont quelque influence sur une de ces radiations, exercent-ils également une répercussion sur la formation de l'anchor-ice. Il en est ainsi notamment des ponts, de l'écorce glaciale, etc., qui empêchent la chaleur terrestre de s'écouler dans l'air par la radiation. Ils exercent, par conséquent, sur l'anchor l'action contraire à la précédente. En effet, on ne trouve point d'anchor-ice dans l'eau abritée par quelque chose. De même, il se forme plus rapidement sur les rochers sombres que sur les surfaces claires, la radiation des premiers étant beaucoup plus active que celle des secondes. Enfin, la formation de l'anchor-ice n'a jamais lieu ni jour ni nuit, même par de grands froids, lorsque le ciel est voilé, tandis qu'elle est très rapide par des nuits claires. Les rayons du soleil fondent rapidement la glace formée.

Somme toute, il semble probable que la radiation est surtout nécessaire au refroidissement du lit du fleuve et à la formation des premières couches de glace dont la croissance est ensuite aidée par le frazil dont les cristaux, toujours présents dans l'eau, s'amoncellent sur les assises d'anchor déjà formées.

La croissance de l'anchor-ice présente un bel aspect d'arborescence. Semblable d'abord à un buisson, sa masse devient bientôt si épaisse qu'on a beaucoup de peine à la percer. Elle possède une structure nettement granulaire. Vus à travers une eau claire, les amoncellements de cette glace semblent être quelque bois sous-marin, les couches supérieures se terminant par de longs tentacules flottant au gré des vagues.

Par les jours ensoleillés, surtout après les nuits froides, de grandes masses d'anchor-ice montent à la surface des fleuves, la glace qui les attachait au fond étant fondue par de longues vagues de chaleur solaire qui traversent l'eau. Souvent, dans leur mouvement ascendant, ces masses glaciales entraînent des grains de sable, des cailloux, de gros morceaux de roche et autres objets plus ou moins lourds auxquels elles étaient attachées. Leur force est si considérable qu'elles emportent tout ce qu'elles rencontrent sur leur chemin. Aussi les bateliers ont-ils grand soin de ne pas être pris dans ces glaces montantes qui les entraîneraient inévitablement vers les rapides où elles descendent ensuite avec le courant.

Les habitants du Canada français donnent le nom de « moutonne » à ces masses blanchâtres d'anchor flottant qui rappellent par leur aspect la toison des moutons.

La figure 2, empruntée à M. Barnes, représente un cours d'eau schématique, au pied d'un rapide, contenant les trois sortes de glace que distinguent les auteurs américains, à savoir : sheet-ice, frazil-ice et anchor-ice. Ce dernier s'amoncelle sur un fond rocheux, tandis que le frazil s'entasse sous l'écorce glaciale, recouverte elle-même d'une couche de neige.

Or, quelle est au juste la différence existant entre le frazil et l'anchor? En effet, le premier, se congelant souvent sur un fond d'anchor, grossit les amoncellements de ce dernier sans qu'il soit possible de déterminer exactement la ligne de séparation ni la provenance exacte de telle couche donnée. D'autre part, l'anchor que les chauds

Digitized by Google

rayons du soleil font monter à la surface de l'eau s'y confond avec le frazil flottant si étroitement qu'il est difficile et souvent impossible de reconnaître la formation primitive de ces masses glaciales emportées par les flots.

La distinction de l'anchor, d'après la souillure de ses cristaux par la boue et les débris de toute sorte qu'il a entraînés du fond du fleuve, est rarement applicable, car le frazil, lui aussi, se congèle souvent autour des grains

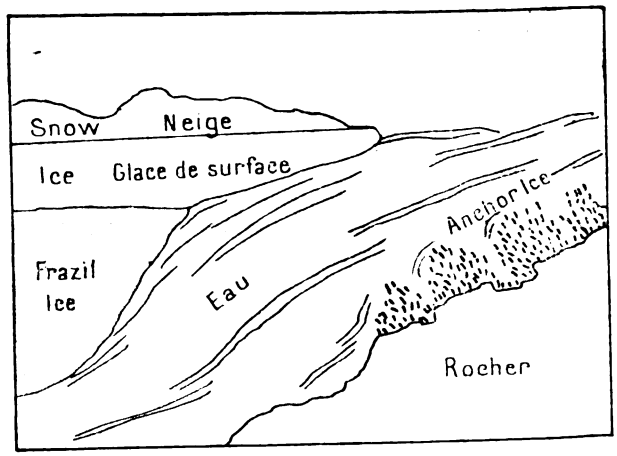


Fig. 2. — Le schéma de la répartition dans un cours d'eau possédant un rapide, de trois espèces de glaces, distinguées par la théorie de M. Barnes.

de sable et autres menus objets, charriés par les eaux tumultueuses des fleuves à courant rapide.

Cette difficulté de distinction cause des confusions fréquentes entre les deux espèces de glaces. Certaines personnes appellent les deux du même nom, tandis que d'autres emploient les deux termes comme synonymes désignant une seule et même espèce de glace. Même les auteurs des études sur les glaces sont obligés de baser la distinction entre le frazil et l'anchor-ice sur des signes purement extérieurs. L'extrait suivant du rapport de « Montreal Flood Commission » Commission fluviale de Montréal est très caractéristique à ce point de vue :

« Les termes anchor-ice et frazil-ice sont indifféremment appliqués à la même glace ; toutefois, le premier désigne plus spécialement celle que l'on trouve au fond des cours d'eau. Les deux espèces se ressemblent d'ailleurs au point de vue de la formation, les deux étant des produits des seules eaux découvertes. On ne les rencontre point dans les fleuves vêtus d'un manteau glacial et leur formation, qui a lieu dans les eaux de la Lachine, à l'aval des rapides, au commencement de l'hiver, est arrêtée sitôt qu'il s'y forme une croûte de glace.

» Le frazil-ice se distingue de l'anchor-ice parce qu'il se forme sur toutes les eaux découvertes, à l'amont et à l'aval des rapides de la Lachine, entre Prescott et la mer, lorsque leur surface est suffisamment agitée, soit par le courant, soit par le vent, pour empêcher la formation d'une écorce glaciale, tandis que l'anchor-ice n'apparaît, à l'exception des eaux très peu profondes, que, lorsque la température est définitivement descendue au-dessous du zéro. »

(D'ailleurs, le rapport explique, d'une manière quelque peu différente de celle admise par M. Barnes, la formation de l'anchor qu'il attribue non point à la radiation du lit du fleuve, mais plutôt au refroidissement du sol par le contact de l'eau charriant le frazil.)

On voit que le critérium de cette distinction est, somme toute, la situation des glaces, situation essentiellement précaire et variable, dépendant beaucoup plus des conditions postérieures à leur formation que de cette dernière, quoique les partisans de la théorie de trois espèces de glaces s'efforcent de la baser surtout sur la différence de formation.

De même, M. Barnes, auteur très compétent et dont l'ouvrage fait loi en la matière, après de longues explications théoriques dont nous avons essayé plus haut de donner un résumé, en est réduit, lorsqu'il veut donner un moyen de distinction pratique, à baser celle-ci, de même que le rapport cité ci-dessus, sur la situation momentanée des glaces, sans s'occuper de leur formation ni de leurs transformations ultérieures.

« Une grande confusion règne, dit-il, dans la distinction de l'anchor et du frazil, provoquée autant par un mauvais usage de ces noms que par le fait que d'immenses quantités du frazil se fixent par la congélation sur les couches déjà formées de l'anchor-ice. *Nous allons dorénavant désigner par le terme d' « anchor-ice » toute glace attachée au fond indépendamment de la manière de sa formation.* Ainsi, le frazil devient anchor lorsqu'il se fixe sur le lit du fleuve quoiqu'il se soit formé dans l'eau par suite du refroidissement de sa surface, produit par le vent ou par le courant rapide et par la radiation. L'anchor-ice, quoique formé « in situ » sur le lit même du fleuve, s'accroit non seulement par la radiation, mais encore par des amoncellements du frazil, apporté par le courant et fixé par la congélation. »

Cette difficulté de distinction pratique montre le caractère précaire et illusoire de la théorie américaine. Cette dernière a cependant le mérite de servir de transition entre la théorie ancienne de glace de fond à laquelle elle tient par son explication de la formation de l'anchor-ice, et la théorie nouvelle, émise et soutenue avec quelques variations par MM. Luscher et Lokhtine, qu'elle préconise par l'admission de la formation superficielle du frazil-ice. Elle montre l'incapacité de la première d'expliquer la formation de toutes les glaces flottantes et fait désirer la seconde par sa confusion et l'inutilité sinon l'impossibilité de son application dans beaucoup de cas.

(*A suivre.*)

A. Kaminer et J. Vichniak.

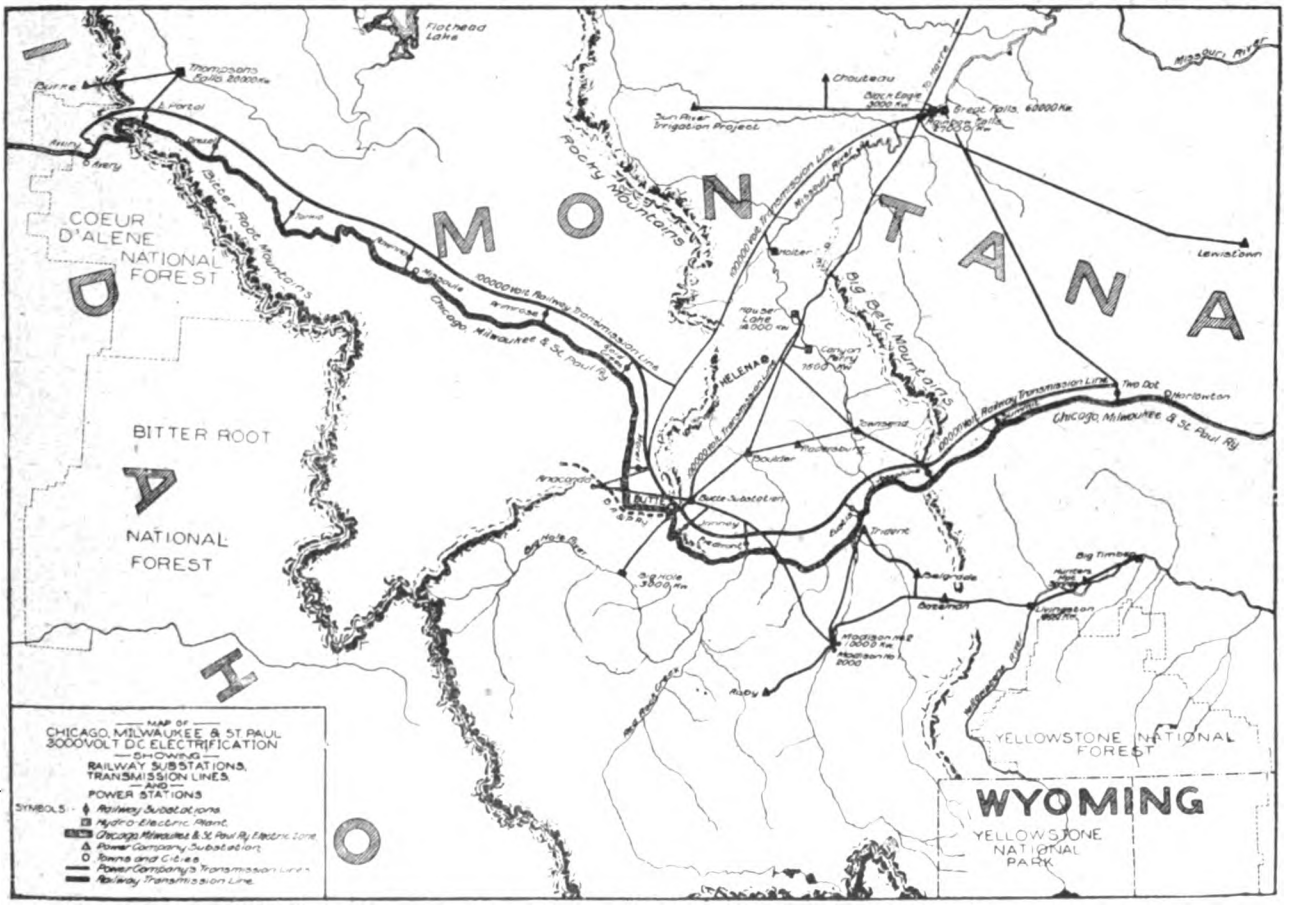
Digitized by Google

Les installations électriques du Chicago, Milwaukee & St-Paul Railway

Le Chicago, Milwaukee and Saint-Paul Railway a électrifié ses lignes sur une longueur de 710 km environ; le courant utilisé par les locomotives est du courant continu à 3 000 v. De telles installations n'ont pas encore été établies en Europe. L'auteur nous donne ci-dessous une description fort complète des sous-stations et machines employées pour transformer le courant d'alimentation triphasé, 60 p : sec, 100 000 v, en courant continu 3 000 v.

Le Chicago, Milwaukee & St-Paul Railway a électrifié une partie de ses lignes sur une longueur de 440 miles (710 km environ) dans la région montagneuse de l'État de Montana.

La première section fut ouverte en décembre 1915, et l'on peut penser que la traction électrique sera prochainement entièrement substituée à la traction à vapeur entre Harlowton (Montana) et Avery (Idahon) (fig. 1).



236292 · MAP OF CHICAGO, MILWAUKEE AND ST. PAUL 3000 V. D. C. ELECTRIFICATION SHOWING RAILWAY SUB-STATIONS, TRANSMISSION LINES AND POWER STATIONS.
INDEX E-322 8 8 16

Fig. 1. — Plan général des lignes électrifiées du Chicago, Milwaukee and Saint-Paul Ry.

On a adopté la traction par locomotives électriques, alimentées en courant continu 3 000 v, la prise de courant se faisant par pantographe et ligne caténaire.

Le courant primaire est fourni sous forme de courant triphasé à la tension de 100 000 v et la fréquence de 60 p : sec par les usines hydrauliques de la Montana Power Company. Il est transformé en courant continu 3 000 v par des sous-stations, réparties le long de la

Digitized by Google

voie, au nombre de quatorze et dont la puissance varie suivant le profil de la section qu'elles desservent. Les sous-stations desservant des sections en rampes comportent le plus souvent trois groupes moteurs-générateurs de 1 500 kw avec les transformateurs correspondants ; les autres comprennent deux groupes de 2 000 kw. Dans chaque sous-station, l'un des groupes est considéré comme réserve, leur puissance est donc de 3 000 et 2 000 kw.

Le bâtiment de chaque sous-station, ainsi que l'on peut s'en rendre compte sur les figures 2, 3 et 4, comporte deux parties, l'une contenant les groupes, l'appareillage basse tension, l'autre les transformateurs statiques, l'appareillage à haute tension, les appareils de sectionnement.

La salle des machines contient également les tableaux de distribution à haute et basse tension, les appareils de protection contre les surcharges, les transformateurs

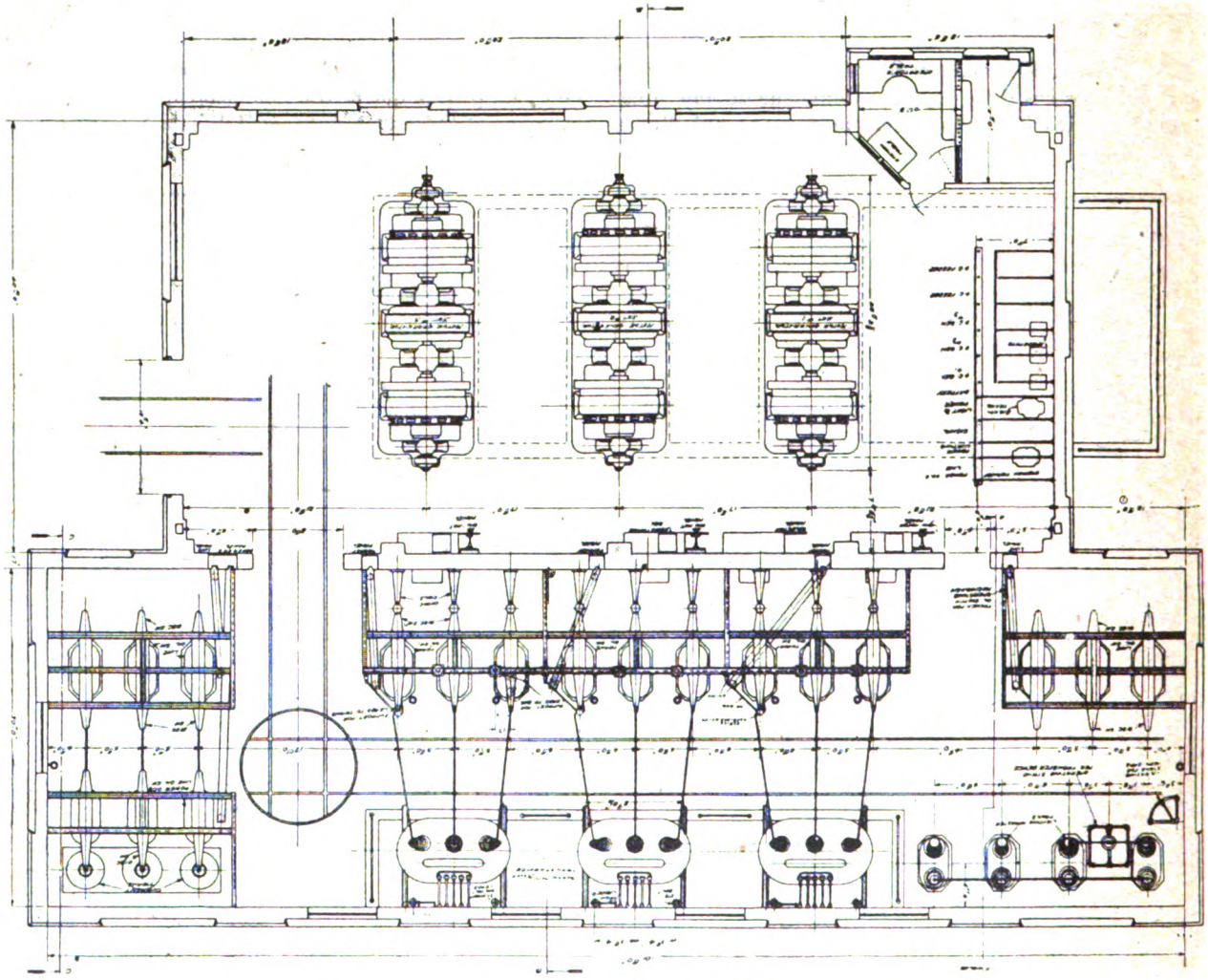


Fig. 2. — Disposition des sous-stations de Piedmont et Jauney.

pour l'éclairage et les signaux, les interrupteurs de démarrage des moteurs synchrones, etc.

La salle des transformateurs contient les interrupteurs à huile à 100 000 v, les parafoudres et le cablage à haute tension. Sauf dans 3 sous-stations, des parafoudres à cornes sont montés à l'extérieur sur le toit du bâtiment des transformateurs. Pour ces 3 sous-stations on a monté les parafoudres à l'intérieur en raison de l'accumulation de neige qui se produit sur leurs toits.

Quatre lignes de transmission à 100 000 v alimentent les sous-stations. Ces dernières sont reliées entre elles par une ligne à haute tension sur laquelle elles sont dérivées. Il en résulte que les branchements peuvent être considérés comme faisant partie de la ligne haute tension et que, par suite, l'installation d'un seul jeu de parafoudres protégeant les deux lignes dans chaque sous-station est entièrement suffisante.

Les enroulements haute tension des transformateurs alimentant les groupes moteurs générateurs sont reliés aux barres haute tension par l'intermédiaire d'interrupteurs à huile type K-21 ; les connexions entre les enroulements basse tension à 2 300 v de ces transformateurs

Digitized by Google

et ces groupes sont réalisées par des interrupteurs de démarrage et de marche à rupture dans l'huile placés dans des cellules le long du mur séparant la salle des transformateurs de celle des machines.

Le courant continu haute tension produit par les groupes est conduit au tableau de distribution à 3 000 v,

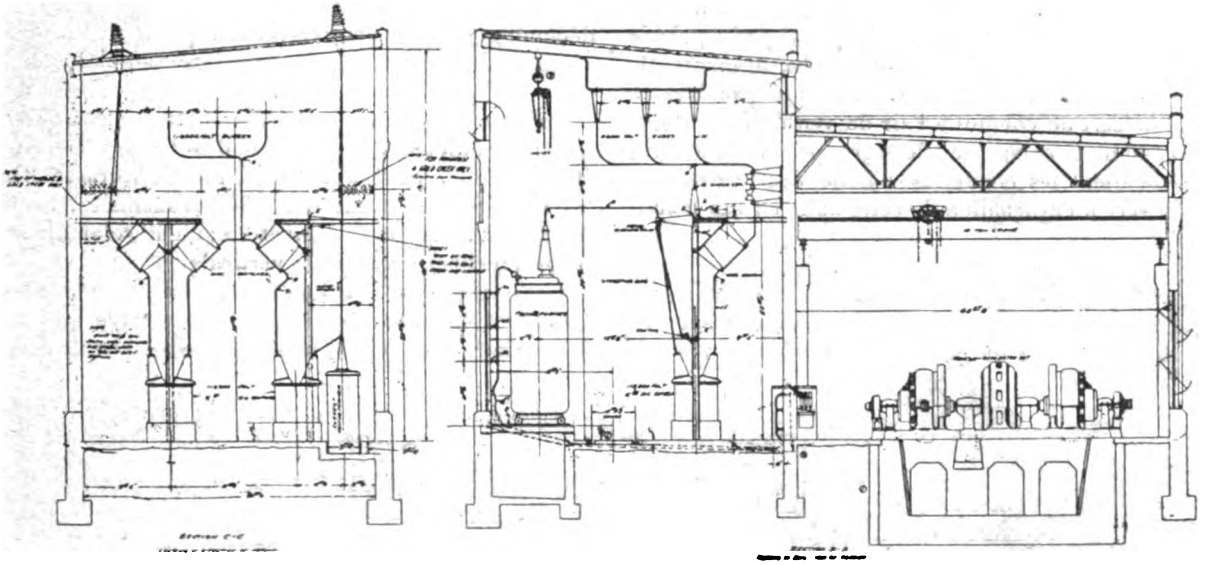


Fig. 3. — Vue en élévation des sous-stations Piedmont et Morel.

situé à une extrémité de la salle des machines, d'où partent les feeders alimentant la ligne aérienne de part et d'autre de la sous-station.

Un commutateur dans l'huile spécial permet de brancher les circuits alimentant les signaux et l'éclairage sur l'un ou l'autre des secondaires des transformateurs principaux.

Détails de construction. — Les sous-stations sont construites en briques et en ciment armé de première

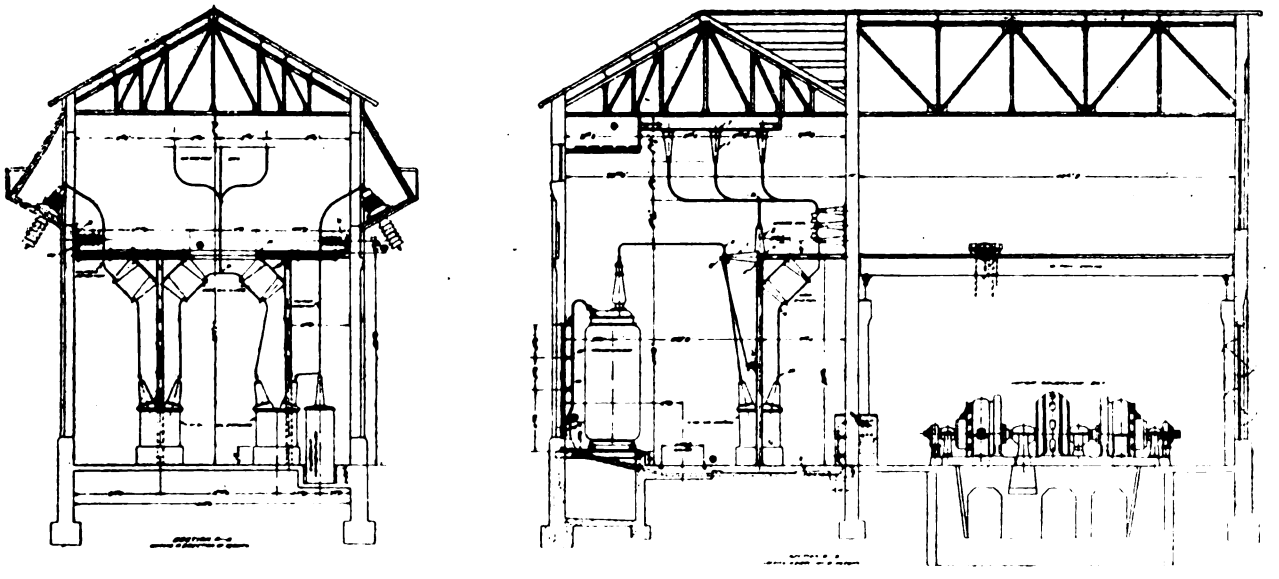


Fig. 4. — Sous-station d'East-Portal.

qualité. On a adopté les toitures-terrasses avec parapet sauf pour celles des sous-stations les plus exposées à la neige.

Le toit de la salle des transformateurs est supporté par des poutres pleines en forme d'I et celui de la salle des machines par des poutres en profilés assemblés.

Les fenêtres sont constituées par des cadres en acier et ont de grandes dimensions, ce qui procure un bon

Digitized by Google

éclairage des sous-stations. Des châssis mobiles placés dans ces fenêtres et dans des lanterneaux assurent une ventilation efficace par n'importe quel temps.

Les sous-stations ne comportent pas de sous-sol, seules ont été prévues une fosse régnant sous les groupes et, entre eux et le tableau, est une petite galerie sous les transformateurs principaux. La première de ces fosses contient les câbles reliant les machines au tableau et sert de conduit à l'air de ventilation lorsque la sous-station comporte des groupes ventilateurs; l'autre contient les conduites d'huile des transformateurs et sert à l'évacuation de cette huile en cas d'accident.

Appareils de levage. — Dans la salle des machines de chaque sous-station se termine un embranchement relié à la voie principale du chemin de fer. Cette voie est desservie par un pont roulant de 10 t manœuvré à main. Une autre voie dessert la salle des transformateurs par l'intermédiaire d'une plaque tournante, sur cette voie circule un truck à quatre roues spécialement disposé pour la manutention des transformateurs. Le démontage de ces derniers pour réparation est facilité par un palan de 5 t à chaînes suspendu au plafond.

Câblages. — L'entrée des lignes à haute tension dans les sous-stations se fait à l'aide d'isolateurs spéciaux à cloches multiples placés sur la toiture terrasse. Dans les sous-stations ayant des toitures inclinées, l'entrée des lignes se fait latéralement à l'aide d'isolateurs semblables inclinés à 30° sur la verticale.

Les conducteurs à 10 000 v à l'intérieur des sous-stations sont constitués par des tubes de cuivre de 19 mm de diamètre avec joints brasés supportés par des isola-

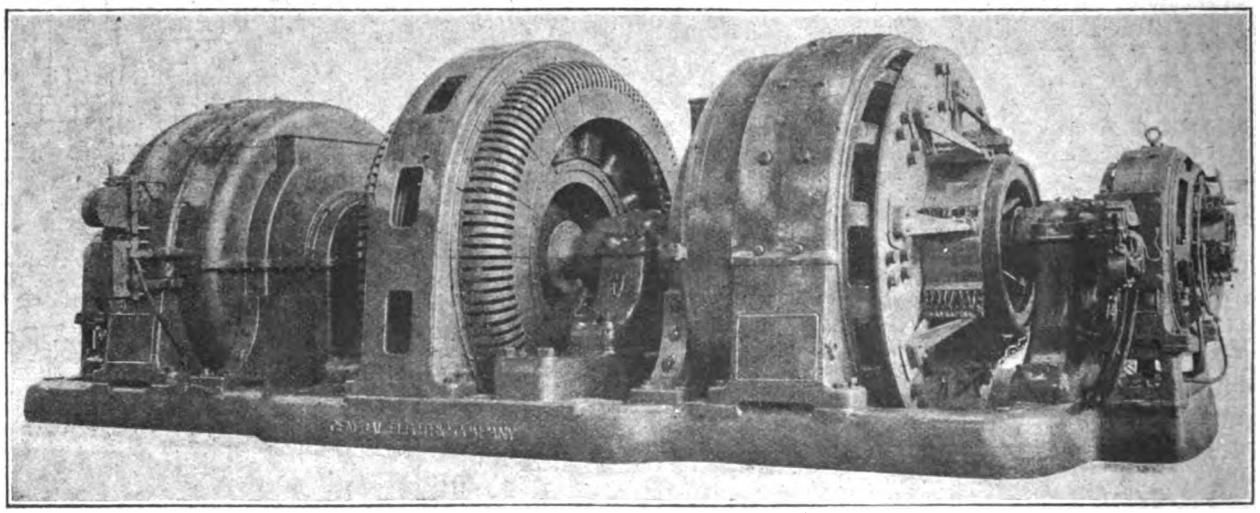


Fig. 5. — Groupe moteur-générateur de 2 000 kw pour ventilation artificielle.

teurs. Le câblage haute tension est en fil de cuivre supporté par des isolateurs semblables à ceux des sectionneurs placés à l'extérieur.

Ainsi qu'on l'a vu plus haut, il n'y a qu'un jeu de parafoudres par sous-station; les parafoudres à cornes sont placés sur le toit et manœuvrés du sol par des tringles de commande. Dans les sous-stations de Drexel, East Portal et Avery, qui ont des toitures à double pente, les parafoudres sont placés à l'intérieur.

Les câbles à 2 300 v reliant les transformateurs aux groupes sont non armés et placés dans des tubes isolants drainés pour éviter l'accumulation de l'eau. Les circuits auxiliaires à 2 300 v sont commandés par des interrupteurs à huile placés sur des panneaux à l'une des extrémités du tableau à courant continu.

Les câbles positifs et négatifs à courant continu 3 000 v sont placés dans la fosse centrale et supportés par des isolateurs. Les câbles positifs vont directement des générateurs aux panneaux des machines, les câbles négatifs étant reliés ensemble au disjoncteur de retour placé près de la cabine de commande.

On a prévu une barre de terre pour la mise à la terre des divers appareils, châssis, ferrures. La prise de terre est constituée par des tubes de fer de 32 mm de diamètre et de 3,05 cm de long, plantés dans le sol à 6,10 m les uns des autres de trois côtés de la sous-station. La division de la prise de terre en de nombreuses unités facilite la distribution du courant et assure une plus grande sécurité.

Les feeders sont protégés par des parafoudres électrolytiques à éléments en aluminium.

Groupes moteurs-générateurs. — Les groupes moteurs-générateurs synchrones, qui transforment en courant continu 3 000 v le courant triphasé à la tension de 2 300 v et la fréquence de 60 périodes fournie par les transformateurs principaux, présentent diverses caractéristiques principales qui les distinguent de ceux construits précédemment, savoir :

1° Grande capacité de surcharge en marche normale

Digitized by Google

et fonctionnement en inverse lors du freinage par récupération;

2° Compoundage des excitatrices facilitant le réglage de l'excitation avec les variations de la charge;

3° Fonctionnement en courant continu 3 000 v;

4° Ventilation des génératrices à courant continu.

On a employé deux types de groupes : 9 de 1 500 kw à 600 t : min, et 23 de 2 000 kw à 514 t : min, soit une puissance totale installée de 59 500 kw répartie dans les 14 sous-stations établies le long de la ligne et équipées comme suit :

10	sous-stations	comprenant	2	groupes de	2 000 kw
3	—	—	3	—	1 500 kw
1	—	—	3	—	2 000 kw

Ainsi qu'on l'a vu plus haut, ces chiffres comprennent pour chaque sous-station un groupe de réserve.

La figure 5 montre l'aspect général d'un groupe

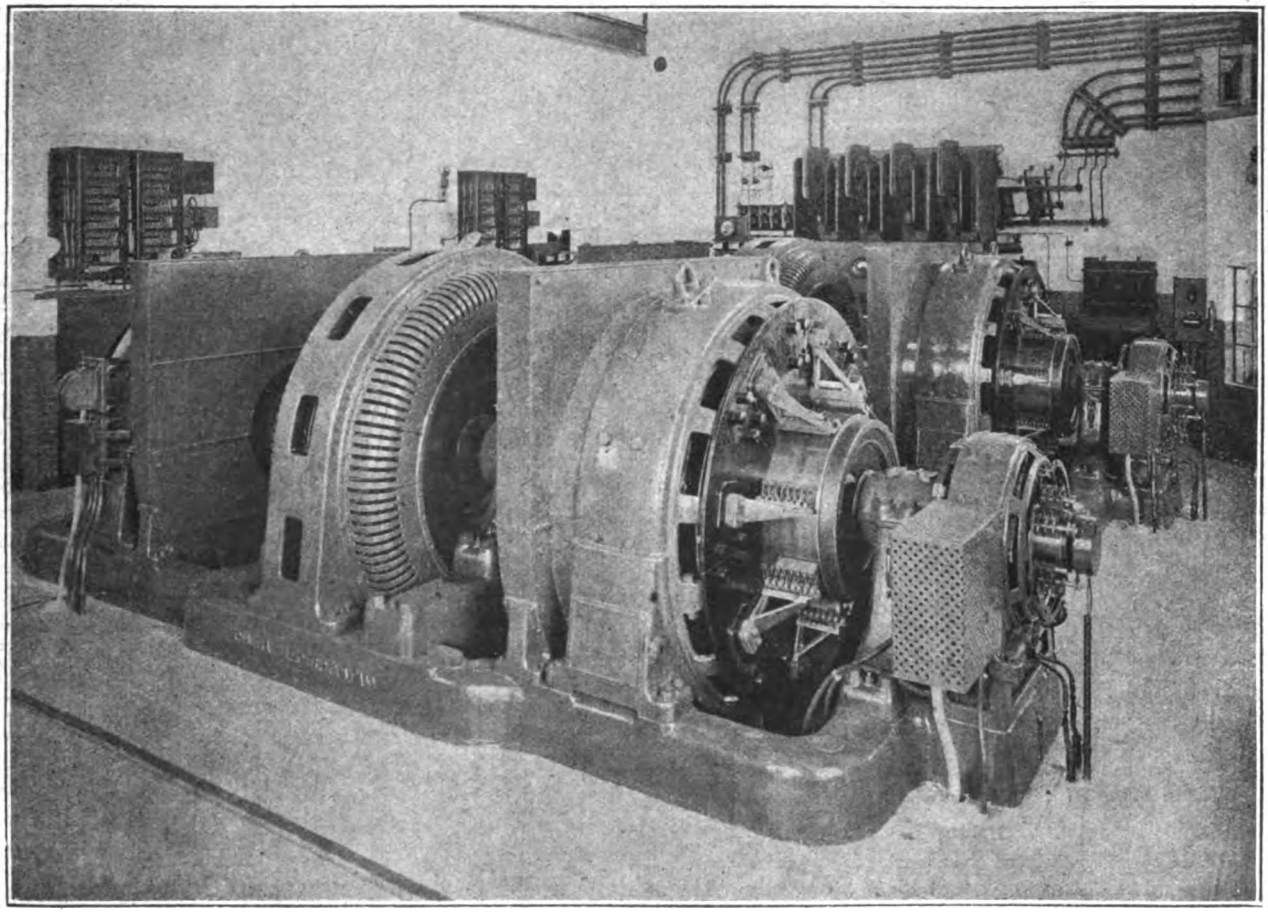


Fig. 6. Vue de la sous-station Morel avec groupe moteur-générateur à auto-ventilation.

moteur-générateur de 2 000 kw avec dispositif pour aération par ventilateur séparé. Certains de ces groupes sont munis d'un ventilateur calé sur l'arbre (fig. 6). Les groupes de 1 500 kw ont le même aspect et ne diffèrent des précédents que par leurs dimensions et leur vitesse de rotation.

Chaque groupe est constitué par 3 unités principales calées sur le même arbre, supporté par 4 paliers et portant en outre, à chaque extrémité, une excitatrice destinée, l'une à l'excitation des deux génératrices, l'autre à celle du moteur synchrone.

L'arbre du moteur repose sur 2 paliers et comporte 2 plateaux d'accouplement sur lesquels viennent se fixer les arbres des deux génératrices principales.

En raison des surcharges et des courts-circuits auxquels ces machines peuvent être soumises, les pièces mécaniques ont été largement dimensionnées.

Ces groupes peuvent fonctionner dans les deux sens, courant alternatif, courant continu et vice versa, leur capacité s'entendant pour le courant continu fourni en marche directe et pour celui absorbé en marche inversée.

Ils sont capables de fonctionner à pleine charge d'une façon continue sans une élévation de température supérieure à 35° C; avec 15 pour 100 de charge pendant deux heures avec une élévation de température ne dépassant pas 60° C; avec 300 pour 100 de charge (avec 85 pour 100 de la tension normale aux bornes des moteurs) pendant cinq minutes sans dommages.

Digitized by Google

Un groupe de 1 500 kw pèse environ 50 t et occupe une surface d'environ 18 m². Si l'on considère un train de marchandises de 2 500 t composé par exemple de 50 wagons, en alignement droit et en palier, l'effort de traction nécessaire pour le remorquage de ce train sera de 6 550 kg environ. La locomotive, en développant cet effort, entraînera le train à la vitesse d'environ 38,5 km à l'heure en absorbant une puissance d'environ 1 000 kw. Si la pente atteint 2 pour 100, l'effort de traction deviendra égal à 50 000 kg, ce qui, à la vitesse de 22,5 km à l'heure correspond à une puissance absorbée de 4 100 kw soit 274 pour 100 de la puissance du groupe.

Si le train descend une rampe de 2 pour 100, il exercera sur la locomotive un effort d'environ 38 500 kg. Si l'on excite les moteurs de cette dernière à l'aide d'un petit groupe moteur-générateur, ils fonctionneront en génératrices et débiteront sur la ligne de l'énergie électrique évaluée à 2 600 kw, le train roulant à la vitesse de 26 km à l'heure. S'il n'y a pas d'autre train sur la ligne, cette énergie est renvoyée sur le réseau à courant alternatif par le groupe moteur-générateur fonctionnant en inversé.

Il en résulte que le groupe doit pouvoir supporter des charges variant dans un sens ou dans l'autre de 0 à 300 pour 100 de leur puissance nominale.

Plusieurs méthodes ont été adoptées pour le réglage de l'excitation des moteurs synchrones ; souvent cette dernière a été choisie constante, ce qui a l'inconvénient de lier la valeur du facteur de puissance à celle de la charge ; des régulateurs de champ et de tension ont été également employés ; enfin, comme dans le cas présent, on a muni les groupes d'une excitatrice compound dont les enroulements à gros fil sont parcourus par le courant total débité par le groupe. Il en résulte que la valeur de l'excitation est fonction de la puissance fournie, ce qui améliore la valeur du facteur de puissance aux différentes charges.

Dans la présente installation, on s'est efforcé d'obtenir un bon rendement pour la puissance moyenne absorbée avec un facteur de puissance égal à l'unité à demi-charge en marche directe. Dans le cas de charges variant entre 50 et 300 pour 100, les pertes en lignes entrent en jeu. Le moteur doit pouvoir fournir une puissance de 300 pour 100 avec une chute de tension en ligne de 15 pour 100. Dans le cas de marche inverse par suite du freinage par récupération, on s'attache à faire débiter le moteur synchrone sur le réseau à courant alternatif avec un facteur de puissance égal à l'unité. Pour cela, il est nécessaire que l'excitatrice du moteur d'un groupe de 1 500 kw puisse donner 41 v pour 50 pour 100 de charge dans les deux cas de marche, 120 v pour une charge de 300 pour 100 en marche directe et 80 v pour une charge de 300 pour 100 en marche inverse.

L'excitatrice est munie de deux enroulements shunt et de deux enroulements série, ce qui procure une grande souplesse dans le réglage. L'un des enroulements shunt est alimenté séparément par l'excitatrice des génératrices, l'autre par la machine elle-même et connecté en différentiel par rapport au premier.

L'enroulement série principal est parcouru par le courant débité par les génératrices ; dans le cas de marche directe, son action s'ajoute à celle du premier enroulement shunt. Cet enroulement série peut être court-circuité lors de la marche inverse, par un contacteur commandé par un relais.

L'enroulement série auxiliaire est traversé par le courant des génératrices et agit en différentiel avec l'enroulement shunt principal pour la marche directe, et en

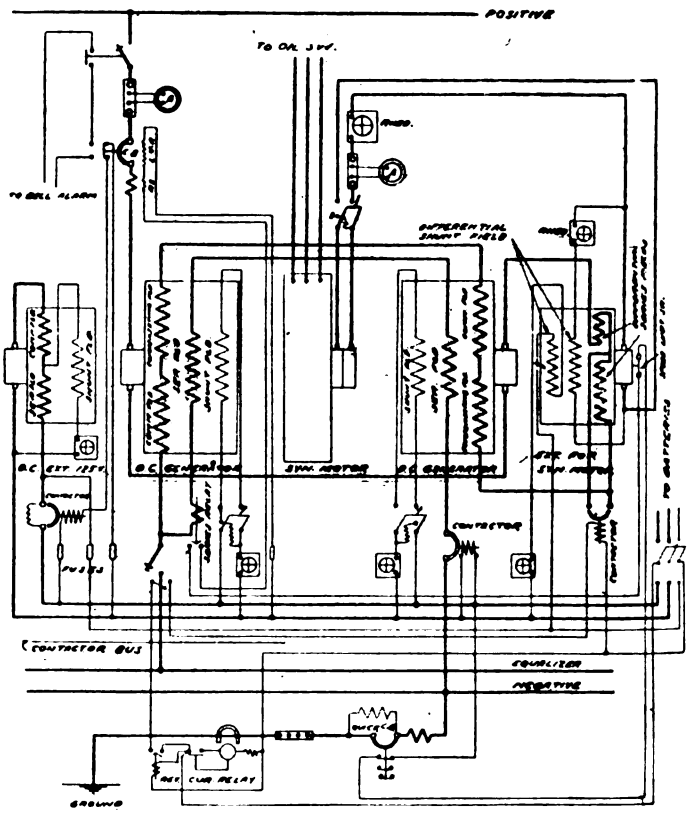


Fig. 7. — Schéma des connexions d'un groupe moteur-générateur.

additionnel dans le cas de la marche inverse. Ces enroulements série sont munis de shunts de réglage.

Le courant continu à la tension de 3 000 v utilisé dans cette électrification est produit par deux génératrices à 1 500 v semblables entraînées par le même moteur et connectées en série d'une façon permanente.

L'utilisation de deux génératrices de 1 500 v permet de faire tourner le groupe à une vitesse double de celle d'un générateur à 3 000 v. Il en résulte une diminution dans le prix du groupe, son encombrement et son poids.

Les armatures de ces génératrices sont identiques et, par suite, interchangeables. Les avantages de cette interchangeabilité joints à ceux offerts par la construction en série ont compensé l'économie qui aurait résulté de

Digitized by Google

la construction de deux types de machines isolés l'un pour 1 500 v l'autre pour 3 000 v.

Les génératrices sont multipolaires, à excitation séparée par une excitatrice calée en bout d'arbre, et munies d'enroulements de compensation, de commutation et de compoundage branchés en série avec l'armature.

On peut remarquer sur le schéma (fig. 7) que les divers enroulements série des deux machines sont branchés du côté terre, ce qui réduit la tension entre ces enroulements et la masse et facilite l'égalisation entre les divers groupes.

Les bobines d'induit sont isolées au mica et à l'asbeste et les enroulements de compensation au mica et à la fibre. Les enroulements de commutation et de compoundage sont constitués par des barres de cuivre disposées de façon à permettre une bonne ventilation et isolées avec le plus grand soin.

En raison de leur construction, ces groupes peuvent supporter sans dommages des surcharges supérieures à

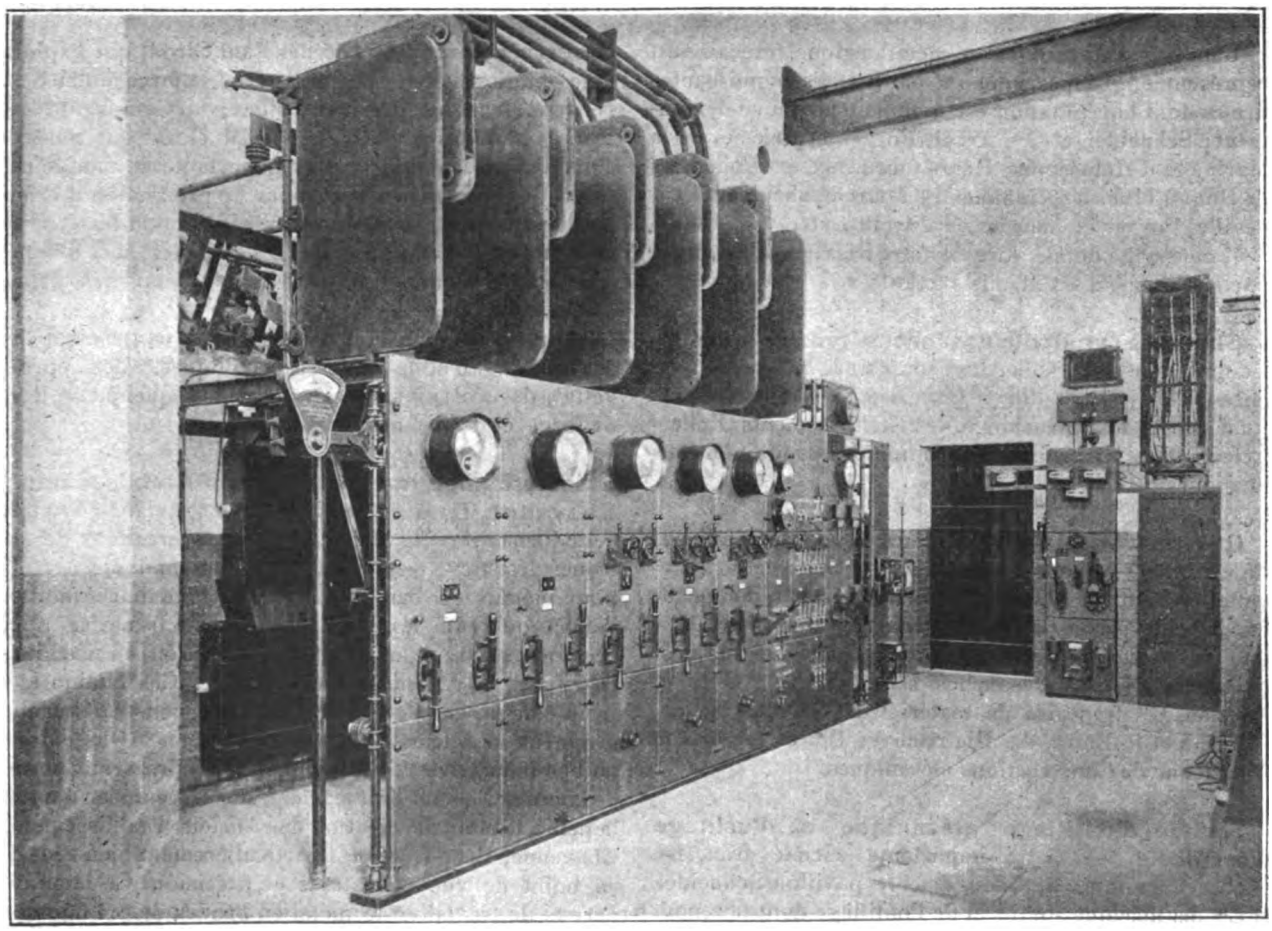


Fig. 8. Tableau de commande de trois groupes moteurs-générateurs de 1 500 kw.

celles garanties. Afin d'éviter les flashes dues aux courts-circuits sur la ligne aérienne, on a disposé des écrans protecteurs en asbeste à l'avant de l'induit et recouvrant les bras porte-balais, ainsi qu'entre les balais pour éviter l'établissement d'arcs de bras à bras.

Le service particulièrement dur auquel ces machines sont astreintes a justifié l'adoption d'un mode de ventilation analogue à celui adopté sur les moteurs de tramways et chemins de fer. Les canaux de ventilation sont disposés suivant l'axe de l'induit et non perpendiculairement comme autrefois. L'air est refoulé avec force à l'intérieur de ces canaux par un ventilateur et assure une ventilation particulièrement énergique et efficace.

Le ventilateur, suivant les sous-stations, est calé directement sur l'arbre du groupe ou forme un groupe séparé entraîné par un moteur spécial. Dans ce dernier cas, l'air est refoulé dans une conduite générale d'où il est réparti sur les diverses machines à ventiler.

Une des caractéristiques les plus intéressantes de ces groupes moteurs générateurs est de pouvoir fonctionner en sens inverse lors de l'application du freinage électrique par récupération. Ce fonctionnement a été tout à fait satisfaisant ainsi que la stabilité et la répartition de la charge sur les différents groupes ou sous-stations.

Nous n'insisterons pas sur l'appareillage employé pour la commande des circuits à 3 000 v. On a veillé

Digitized by Google

d'une façon toute particulière à obtenir de bonnes ruptures avec un soufflage magnétique énergique, et les disjoncteurs ont été l'objet d'une étude approfondie.

On a, en outre, pris diverses précautions en vue de la protection des agents chargés de la conduite des sous-stations : cloisonnement entre les appareils de coupure, couvercles de protection sur les ampèremètres (fig. 8). D'une façon générale l'appareillage et son installation ont été étudiés de façon à permettre la conduite et l'entretien par un seul homme et à procurer le maximum de sécurité possible.

P S

La deuxième Foire de Lyon *(Fin)*(1).

L'industrie mécanique et métallurgique française est représentée, groupes 21 et 22, par toutes nos puissantes firmes dont la réputation est mondiale et qui se dénomment : Schneider et Cie, Arbel, Forges et Aciéries de la Marine et d'Homécourt, Hauts fourneaux et Fonderies de Pont-à-Mousson, Commentry Fourchambault et Decazeville, Forges et Aciéries de Firminy, etc.

Il nous a été donné, lors de notre passage, d'examiner particulièrement les stands suivants :

Chambre syndicale des forces hydrauliques. — Ce groupement englobe, dans son stand, les maisons ci-après : l'Electrométallurgie française, les Établissements Paul Girod, l'Électrochimie, les Établissements Keller-Leleux et le Comptoir d'exportation des produits métallurgiques.

Groupe français pour la fourniture de matériel de chemin de fer à l'étranger. — Sous cette dénomination sont réunies les principales sociétés de métallurgie françaises : Société de constructions des Batignolles, Société française de constructions mécaniques, Schneider et Cie, Desouches David et Cie, Dyle et Bacalan, Cie française de matériel de chemins de fer, l'Horme et la Buire, de Dietritch et Cie et la Société Alsacienne de Constructions mécaniques.

Société d'outillage mécanique et d'usinage d'artillerie. — Cette importante société française expose à la foire de Lyon, dans le pavillon Schneider et Cie, des machines-outils et de l'outillage dont le renom n'est plus à faire. On peut voir, dans son stand, quelques échantillons de sa production qui a dépassé, en 1916, 1 200 machines-outils. Elle expose en outre un tour monopoulie de 200 mm H. D. P. et une fraiseuse universelle, machines dont le fini égale la robustesse; à remarquer également une mortaiseuse et une meule émeri ainsi que l'outillage ultra-moderne et à grand débit que les usines de Saint-Ouen avaient été les premières à lancer sur le marché français. En outre, son activité s'est aussi portée sur la fabrication du matériel de guerre, obus, tracteurs, etc.

Paul Girod. — Les établissements d'Ugine (Savoie) comprennent plusieurs Sociétés : la Société anonyme électrométallurgique (procédés Paul Girod) qui exploite cinq stations hydro-électriques dont la force motrice est répartie dans les diverses usines; la Compagnie des Forges et Aciéries électriques Paul Girod qui possède actuellement l'aciérie la plus importante du monde utilisant des fours électriques pour la production d'aciers spéciaux destinés surtout à la fabrication du matériel de guerre et de marine. Depuis le début des hostilités, la production d'acier des anciennes et nouvelles usines Paul Girod a décuplé.

Leurs stands de la foire de Lyon contenaient des échantillons d'alliages ferro-métalliques, des éprouvettes, des cassures d'aciers spéciaux, quelques pièces de forge et d'acier monté.

Société anonyme des Anciens Établissements Chavanne, Brun frères. — Dans ses stands 17 et 18 cette firme présente une des dernières créations de ses usines de Saint-Chamond, qui est un laminoir à froid pour métaux en bandes. Cette machine nous montre l'effort qu'a dû accomplir l'industrie française pour regagner son rang mondial de production en machines et évincer les Allemands du marché. Ces laminoirs à froid étaient, en effet, avant la guerre, construits exclusivement en Allemagne, particulièrement à Dusseldorf, où nos industriels étaient obligés de s'adresser. Comme de coutume, quand l'industriel français veut s'en donner la peine, la nouvelle création des Anciens Établissements Chavanne, Brun frères est particulièrement bien réussie au point de vue robustesse et précision. Ce laminoir permet de travailler le métal en bandes de 0 à 500 mm de large et peut le réduire à moins d'un centième de millimètre d'épaisseur, grâce au fini des cylindres qui sont en acier forgé, trempés et rectifiés et dont la fabrication est devenue une spécialité de cette maison; elle construit également des laminoirs à chaud, gazogènes et fours métallurgiques et actuellement une importante quantité d'obus de calibres divers.

La Société anonyme des **Aciéries et Forges de Firminy**, que nous avons déjà signalée comme l'une de nos principales firmes métallurgiques, n'exposait qu'une infime partie de son énorme production : fontes et aciers, outils de toutes sortes, pièces de forge, bandages, rails, roues et essieux, matériel d'artillerie et de marine, alliages ferro-métalliques.

Nous avons rendu compte, dans la première partie

(1) *R. G. E.*, 24 mars 1917, p. 464 et 31 mars 1917, p. 510.

Digitized by Google

de notre article, de l'exposition des Ateliers Électriques de Saint-Ouen qui figurent dans les stands de Firminy; nous n'y reviendrons donc pas.

Les établissements **Bouchayer et Viallet**, des spécialistes dans la construction des conduites forcées, des charpentes métalliques, des barrages, des pylônes à haute et basse tension, des postes de transformation, etc., avaient exposé plusieurs échantillons de leur métal S. B. V. et de l'Élianite, inattaquables aux acides nitrique et sulfurique et leurs tubes sans soudure en fer électrolytique.

Le stand des **Fonderies Havraises** contenait : un nouveau métal, le Superneutral, offrant une résistance complète à l'action des acides; leur Prométal réfractaire au feu et aux hautes températures et le métal Roger, destiné principalement aux segments.

La maison **A. Herbert Ltd** tient en France, dans le domaine de l'outillage, une place trop importante que nous omettions de signaler la part considérable qu'elle a prise à la Foire de Lyon. Les acheteurs ont trouvé dans ses stands un choix de machines-outils appropriées aux besoins industriels les plus divers; tours-revolvers pour l'usinage des moteurs d'aviation, simples ou à combinaisons; tours parallèles à monopoulie; machines à affûter les outils; machines à rectifier « Norton »; machines à rectifier les cylindres « Heald »; machines à tailler les engrenages « Fellows »; machines à percer radiales « American »; machines à meuler « Lumsden »; et machines à fraiser « Herbert ».

Le département du petit outillage était non moins bien représenté; dans cette branche, en effet, la maison A. Herbert Ltd, qui compte parmi les plus anciennes et les plus réputées d'Angleterre, s'est notoirement spécialisée.

Nous ne parlerons donc que pour mémoire de sa production en tarauds, fraises, alésoirs, mandrins, étaux parallèles, plateaux magnétiques, etc., mais nous attirerons d'une façon particulière l'attention de nos lecteurs sur ses porte-outils spéciaux « Western » qui, de l'avis de tous les spécialistes, sont infiniment supérieurs à ceux qu'on emploie ordinairement, et sur ses meules en alundon et en crystolon « Norton », dont les propriétés chimiques et physiques permettent à ces deux variétés de meules de couvrir tout le champ du meulage, et d'obtenir indéfiniment des meules ayant les mêmes propriétés.

Signalons, aussi, le métal spécial de la maison A. Herbert, pour coupe rapide, des métaux, « Stellite », dont la caractéristique principale est d'obtenir de l'outil dont il est formé un rendement intensif, non pas limité, comme c'est le cas avec l'acier rapide par le degré de son échauffement, mais uniquement par la puissance du tour.

Cette qualité spéciale est particulièrement précieuse dans l'usinage intensif des obus.

Lambercier J. et Cie. — Depuis plus de vingt ans, cette société suisse s'occupe de la fabrication de machines-outils de haute précision pour petite mécanique et horlogerie. Nous avons pu admirer, dans son stand, une petite machine à rectifier universelle, qui est un véritable bijou de mécanique; les renvois faisant corps avec la machine, on peut exécuter tous les travaux de rectification qui peuvent se présenter dans la fabrication des pièces les plus délicates. Elle permet également le travail en série, comportant toute une succession de mouvements automatiques et de butées à déclanchements.

Sont également exposés des petits tours de précision, d'outillage, des petites fraiseuses, perceuses, etc. En outre, cette maison exécute toute une série de machines spéciales pour divers travaux de mécanique et d'horlogerie.

Maison Schutz. — Sa spécialité est la fabrication de machines à percer de toutes tailles, de tours à décolleter, de tours parallèles à charioter et d'outilleur, de machines à affûter de précision, de machines à fraiser universelles, et elle a entrepris, depuis la guerre, la construction de machines spéciales pour la fabrication des munitions, telles que machines à tronçonner, à fileter les têtes de gaines relais, etc. Un autre département de la maison s'occupe de l'étude et de la fabrication d'appareils de levage, ponts roulants, grues, palans.

Enfin, une société filiale s'est constituée à côté de la maison principale pour la fabrication du décolletage à façon et s'est cantonnée plus particulièrement dans l'établissement des goupilles coniques de haute précision.

On peut admirer dans les stands 79 et 80, où elle expose, quelques échantillons de sa fabrication et se convaincre ainsi des efforts que font les industriels suisses pour échapper, eux aussi, à l'emprise allemande.

The Labor Engineering Co-Henri et James Grâa. — Les machines exposées par cette maison, dont les usines sont à Genève, se distinguent des machines-outils courantes, à la fois par les procédés adoptés pour leur fabrication et par leur aspect général. C'est ainsi que le tour d'outillage « Essaime », construit par cette maison, a son banc constitué par une colonne cylindrique rectifiée, au centre de laquelle est logée la vis mère; chariot et contrepointe étant bloqués en place par serrage à brides fendues, à la fois robuste et précis. Les tours rapides à décolleter et à percer sont un autre exemple de cette construction tout à fait originale. En outre, cette firme fabrique également des tours simples d'établi, des perceuses, fraiseuses, etc., de l'outillage pour usinage des obus et gaines, des moteurs agricoles à essence ou pétrole et même des machines électriques à nettoyer, cirer, polir les parquets ainsi que des crics pour l'automobile.

La Précision mécanique. — Cette société, constituée en 1912, est la seule en France, à notre connais-

Digitized by Google

sance, s'occupant exclusivement de la fabrication de calibres et instruments de contrôle pour la mécanique. Elle a débuté par la fabrication de tampons et calibres normaux ou à tolérance variable, puis elle a étendu son champ d'action à tous les instruments de mesures industriels, notamment pieds à coulisse de haute précision pour lesquels nous étions jusqu'ici tributaires de l'étranger et de la Suisse, en particulier.

La presque totalité de son activité est aujourd'hui absorbée par la fabrication d'appareils de contrôle pour le matériel de guerre et la haute précision qui est exigée par les services de l'artillerie donnent une idée de la qualité du matériel fabriqué par les usines de la rue Vergniaud.

Nos industriels peuvent donc se procurer en France tout le matériel de vérification qui est la base de l'usinage moderne en grandes séries, pour lequel la précision est la condition *sine qua non* d'existence.

R. S. Stockvis et fils. — Cette maison, représentant en notre pays un certain nombre de fabricants de machines-outils américains, a contribué dans une très large proportion à l'équipement de nombreuses usines de guerre.

Nous citerons quelques-unes des maisons dont elle a l'exclusivité pour la France et, dans cette énumération, l'on constatera que cette firme s'est attachée à n'introduire sur le marché français que des machines ou des produits de première marque, sortant des usines américaines les plus réputées, telles que Pratt et Wittney, machines-outils de précision, tours-revolvers, machines spéciales pour la fabrication des armes, fraiseuses et petit outillage ; Lodge et Shipley de Cincinnati, tours parallèles, monopoulies; Rearney et Trecker de Milwaukee, fraiseuses en tous genres, marque Milwaukee; Dreses, perceuses radiales et tours-revolvers; Foster et Co, tours-revolvers ; Gould Eberhardt, étaux limeurs et machines à tailler les engrenages; Gray de Cincinnati, raboteuses, etc.

M. A. Moulin est l'agent général en France de l'Oliver Machinery Co, de Grand Rapids qui s'est spécialisée dans la fabrication des machines à bois et des tours à métaux dont l'usage est universellement répandu. Grâce à des dirigeants et à des ingénieurs de talent, l'Oliver Machinery Co a pu lancer sur le marché un matériel de premier choix, robuste, précis et dont le type massif permet le travail par passes fortes et rapides et à grande vitesse; ce qui permet de tirer la quintessence du rendement des aciers modernes à coupes rapides.

M. Moulin expose à la foire de Lyon : un moteur à charioter et à fileter de 205 H. D. P., un tour-revolver à barres de 65 mm et un tour-revolver à décolleter.

L'aspect de ces machines permet de constater que les tours Oliver peuvent être classés parmi les meilleurs et les plus modernes des tours américains.

La maison **Jean Cote Rébé** a débuté en lançant sur le marché français les moteurs et gazogènes anglais Stockport, puis, en 1910, elle commença la construction des moteurs électriques dont l'emploi s'est développé ces dernières années dans des proportions considérables. Cette maison s'est en outre attachée à l'exploitation de groupes électro-pompes, et a de plus monté un atelier spécialement destiné à la construction d'électro-aimants de levage, de perceuses électriques « Orion ». Dernièrement, en présence des besoins grandissants de l'industrie française, la maison Jean Cote-Rébé s'est adjoint un département de machines textiles dont l'usage s'est répandu très rapidement. Elle a récemment mis dans le commerce la lampe électrique « Oréa » à filaments métalliques.

Ces diverses branches d'industrie exploitées et développées successivement sont un bel exemple d'activité et d'organisation.

Allied Machinery Cy of America. — Cette maison américaine était déjà connue en France avant la guerre, mais, depuis les hostilités, elle a développé d'une façon extraordinaire le chiffre d'affaires qu'elle faisait avec notre pays.

Elle importe chez nous des machines-outils et des appareils de levage et de transports fabriqués aux États-Unis.

Un de ses triomphes a été le tour « Lo-swing » pour l'usinage rapide des obus et le transporteur « Cowan » pour le déplacement et le transport rapide des pièces de toute nature et de tous poids. Ce dernier notamment constitue une nouveauté en France où malheureusement le côté pratique laisse si souvent à désirer.

Un seul transporteur « Cowan » fait la besogne de quatre chariots ordinaires et amortit son prix en un mois par les économies de main-d'œuvre qu'il permet de réaliser.

La **Société de constructions mécaniques « Gallia »** montrait, dans son stand, toute une série d'appareils de sa fabrication : réducteurs à vis et à engrenages, chaîne Gallia, roues dentées, paliers, crapaudines, transporteurs et plusieurs photographies représentant différentes installations de manutention mécanique exécutées par les soins de la Société.

* *

Au cours de notre visite à la Foire de Lyon, au contact des nombreux industriels venus dans la cité lyonnaise, les uns au titre d'exposants, les autres comme acheteurs, il nous a été donné de recueillir diverses observations que nous soumettons, chroniqueur impartial, à l'appréciation de nos lecteurs.

Tout d'abord, les foires, dont l'origine est bien française, quoi qu'en pensent nos ennemis, car leur création remonte aux époques les plus reculées de notre histoire, avaient pour but l'exposition et la vente de produits régionaux; or du moment qu'une foire tolère la vente

Digitized by Google

de marchandises provenant des pays étrangers, elle perd sa caractéristique particulière. La Foire de Lyon, cependant, a tenu à conserver son caractère international comme nous l'avons vu. De son côté, la Foire de Paris, qui doit se tenir du 1er au 15 mai, soucieuse de la tradition, n'accepte officiellement que des produits exclusivement français.

D'autre part, les foires de Leipzig présentaient certaines particularités dont il importerait de s'inspirer à l'avenir afin d'atteindre plus sûrement le but désiré, c'est-à-dire la ruine du centre commercial allemand, telles que : concentration rationnelle des exposants, emplacements réservés aux petits fabricants, au matériel nouveau, etc.

Enfin, pour terminer, on déplore généralement qu'une entente commune n'ait pu se réaliser, sans souci des questions locales et des intérêts particuliers, en ne dotant la France que d'une foire unique, pour le plus grand profit de l'industrie nationale.

J. N.

Revues, analyses et informations

La télégraphie et la téléphonie, avec ou sans fil, aux États-Unis en 1916-1917.

M. John-L. Hogan Jr, ingénieur au service des études de la Compagnie National Electric Signaling, a fait récemment (1), une revision de tous les perfectionnements apportés ces temps derniers aux méthodes de transmission, et tente de dépeindre quelle sera dans un avenir prochain la situation de la télégraphie et de la téléphonie avec ou sans fil aux États-Unis. Nous donnons ci-dessous une analyse de cette étude,

Les systèmes de communication par fil, dit M. Hogan, ont été supérieurement organisés et, dans les conditions normales, garantissent un service si parfait qu'il est bien peu probable qu'on les modifie. Il faut s'attendre, toutefois, à ce que les amplificateurs du type « audion » soient de plus en plus appliqués en téléphonie, et à ce qu'on s'efforce toujours plus d'augmenter le rendement des instruments. Les appareils télégraphiques imprimeurs, par exemple, seront plus largement appliqués. En accroissant la capacité des lignes à trafic intense, les transmetteurs à clavier reliés synchroniquement en quadruplex et imprimant en page réduiront considérablement les frais de transmission. En outre des appareils imprimeurs synchrones multiplex, les types d'appareils non synchronisés ne tarderont pas à s'imposer, car quelques-uns ont déjà montré qu'ils étaient commercialement praticables.

La télégraphie sous-marine est un art dont la transformation radicale ne peut être que lente : on ne doit, en effet, remplacer des appareils fonctionnant raisonnablement avant que l'expérience en ait montré l'absolue nécessité. On a bien tenté de supprimer la retransmission manuelle en rattachant les câbles directement aux fils aériens par l'intermédiaire de relais; mais il est à peine possible de déterminer le mérite de ces propositions sans avoir fait des essais étendus sur une base commerciale. On compte beaucoup sur les amplificateurs pour accroître la vitesse de transmission des câbles et il est probable qu'on en généralisera l'application.

Si l'on considère maintenant les méthodes de transmission sans fil, nous constatons que les conditions sont bien différentes. On y trouve notamment l'application constante de nouveaux procédés tant radiotélégraphiques que radiotéléphoniques. De nouvelles inventions (ou de nouvelles réalisations d'anciennes idées) tendent continuellement à étendre les possibilités de cette branche de communication et à la rendre apte à de nouvelles applications. Certes les nouveaux dispositifs présentés n'affectent pas généralement les principes fondamentaux de la radiotransmission; mais ces tentatives montrent que l'art en question est en voie constante de perfectionnement dont le résultat sera de le porter au plus haut point d'utilité commerciale.

Ainsi, en radiotéléphonie, il n'est rien apparu de fondamental depuis les premiers travaux sur la modulation vocale d'un courant d'ondes électromagnétiques soutenu. Mais combien nous sommes loin aujourd'hui des résultats atteints par les premiers expérimentateurs au point de vue de la distance franchie. En 1915 déjà, les ondes vocales pouvaient franchir l'Atlantique et se faire entendre à Paris, d'une part, et au delà du continent américain et du Pacifique à Honolulu, de l'autre. Puis en 1916, nous apprenions qu'on avait utilisé les vibrations vocales pour actionner une puissance quelque cinq fois plus grande. Bien que la portée d'un si puissant transmetteur radiotéléphonique n'ait pas encore été établie, il est évident que la transmission transocéanique s'effectuera avec beaucoup plus de facilité et d'uniformité que lors des essais de 1915.

Il est particulièrement intéressant de comparer les distances franchies par l'onde radiotéléphonique avec les limites possibles de transmission par câble. Maintenant que la première va pouvoir rivaliser avec la seconde, on appréciera, comme il convient, les avantages techniques et économiques qui en dériveront.

On sait que ce qui confinait la radiotéléphonie aux transmissions sur courtes distances était la difficulté de moduler la puissance de haute fréquence suivant la vibration des ondes vocales. Il semble aujourd'hui que le développement des amplificateurs magnétiques et par le vide a aplani cette difficulté. Certes, la génération de courants puissants d'ondes soutenues pour la télégraphie ou la téléphonie est possible depuis longtemps. Mais il reste encore, dans les deux branches de l'art de la radiocommunication, à résoudre ce problème peut-être le plus difficile de tous : l'élimination ou tout au moins la réduction des effets d'interférence atmosphérique. Tant qu'on n'aura pas résolu ce problème, il faudra toujours dépenser une énergie considérable pour qu'à la réception, les signaux dominent ceux des décharges statiques. En effet, l'emploi d'amplificateurs délicats pour les transmissions à longue distance n'est encore possible qu'à

(1) *Electrical World*, 20 janvier 1917, t. LXIX, p. 120-122, 7 fig.

Digitized by Google

la condition qu'il n'existe pas d'interférence atmosphérique : les amplificateurs augmentant autant les effets statiques que les signaux désirés.

Parmi tous les systèmes proposés l'année dernière pour réduire l'interférence, il en est au moins deux qui, au cours de cette année, pourront démontrer leur valeur pratique. Remarquons ici que, si les nombreux projets étudiés pendant ces quinze dernières années tendant au même objet n'ont pas donné les résultats envisagés, on peut dire toutefois qu'en permettant l'élimination des fausses idées sur les courants atmosphériques (plutôt que l'élimination de l'interférence elle-même) ils ont fourni une assistance matérielle au développement de l'art radiotélégraphique.

Mais le problème statique n'est pas le seul à solliciter l'attention des ingénieurs ; d'ailleurs, le moyen de rendre la radiotélégraphie possible sur de longues distances a été partiellement trouvé dans la combinaison d'un générateur à arc ou d'une machine oscillatrice avec des récepteurs « hétérodynes » ou à trembleurs, et la réduction des troubles atmosphériques qui s'en est suivie a rendu la communication praticable. Or, comme le seul avantage d'une plus grande réduction de ces troubles serait d'économiser la puissance transmettrice, c'est-à-dire de réaliser un bénéfice commercial, les inventeurs ont préféré diriger leurs recherches vers d'autres buts. La transmission de message à grande distance à la vitesse de 100 mots par minute et l'enregistrement automatique des signaux sont deux de leurs tentatives récentes ; et les résultats déjà obtenus dans quelques stations transocéaniques importantes autorisent tous les espoirs d'une réalisation pratique.

Envisageant pour terminer les restrictions législatives apportées à la radiotélégraphie, l'auteur dit qu'en dépit des conventions internationales de Berlin et de Londres, les communications entre stations flottantes et côtières ont continué de se developper et de se perfectionner. Les intérêts militaires du gouvernement fédéral exigent maintenant que de nouvelles et plus strictes dispositions régissent l'exploitation commerciale de la radiotélégraphie. Quelles seront ces dispositions ? L'avenir prochain nous l'apprendra. Il nous dira notamment si la radiotélégraphie aux Etats-Unis pourra maintenir sa situation prééminente actuelle ou si elle sera contrainte de se soumettre à une politique oppressive et destructive d'initiative qui résultera indubitablement de son expropriation ou de sa subordination à l'autorité militaire.

Appareils de projection (1).

Après avoir rappelé l'importance sociale et commerciale du cinématographe, l'auteur envisage quelques points relatifs à la production de la lumière et au dispositif de projection. — La source lumineuse doit être stable, avoir un très grand éclat intrinsèque et la courbe de répartition de sa lumière doit permettre une forte concentration sur le film. Jusqu'ici, l'arc électrique a été le seul mode d'éclairage adopté. — Dans l'arc à courant continu on sait que le cratère positif a une aire relativement grande et constitue la principale source de lumière ; la partie incandescente de l'électrode négative est très faible et ne doit pas être considérée comme source de lumière, quoique l'électrode négative ait une grande importance au point de vue de la stabilité du fonctionnement. Pour opérer avec un tel arc, il est bon de disposer, autant que possible, le cratère positif en regard de l'axe du système optique. Les principaux avantages de l'arc à courant continu sur l'arc à courant alternatif sont les suivants : 1° l'arc est plus long et le cratère positif plus découvert ; 2° le cratère positif reçoit continuellement de l'énergie et, par suite, se maintient à une température plus élevée et donne une lumière plus blanche ; 3° le rendement est meilleur.

La grosseur du charbon positif doit être choisie de façon que, quand l'arc est établi et fonctionne en régime stable, l'aire du cratère positif recouvre sensiblement toute l'extrémité de l'électrode ; si le charbon n'est pas assez gros pour le courant utilisé, le cratère déborde l'extrémité de l'électrode, ce qui amène l'arc au voisinage de conditions d'instabilité ; s'il est trop gros, le cratère ne recouvre pas l'extrémité de l'électrode, la température est basse et le rendement diminue.

La grosseur du charbon négatif, nécessitée par la tache incandescente qui se forme, est très faible ; cette tache, pour un courant de 100 A, n'a pas 1,5 mm de diamètre alors que le cratère positif a de 16 à 18 mm. Ce ne sont donc pas les dimensions de cette tache que déterminent celles de l'électrode négative, mais plutôt la nécessité d'avoir une grosseur suffisante pour permettre le passage du courant ; cette condition étant réalisée, il y a intérêt à réduire les dimensions ; la tache incandescente se localise alors dans une très petite surface à l'extrémité, ce qui accroît la stabilité. On a pu diminuer la section de l'électrode négative, et lui conserver une conductibilité suffisante, en la recouvrant d'un revêtement métallique. C'est peut-être le perfectionnement le plus net qui ait été apporté récemment aux charbons utilisés pour la projection. — Dans l'arc à courant alternatif, la température moyenne de chaque électrode est très inférieure à la température du cratère positif. Pratiquement, on utilise toujours un arc sifflant très court, de manière que des cratères bien définis puissent se former. — Le tableau ci-dessous donne les diamètres des charbons qui conviennent pour diverses intensités.

		Courant continu.	
Intensités.	Courant alternatif. (charbons à âme)	C. positif supérieur à âme.	C. négatif inférieur massif.
40 A.....	13	16	13
45.....		16	14
50.....	14		
55.....		19	16
60.....	16		
70.....		22	19
80.....	19		
100.....	22		

Quand on emploie des charbons négatifs à revêtement métallique, leur grosseur peut être réduite en courant continu :

Intensités.	C. positif à âme.	C. négatif massif, revêtement métallique.
40 A	16	8
40-52	19	9
52-65	22	10
65-80	22-25	11
80-110	25	13

Répartition de la lumière. — Pour un arc à courant continu la meilleure condition théorique serait que le cratère positif soit sur l'axe optique, en regard de la première lentille du condenseur, le charbon négatif étant disposé de manière à ne former aucune ombre sur la lentille ; prati-

(1) R.-B. Chillas, J.-R., *Transactions of Illuminating Engineering Society*, décembre 1916, t. XI, p. 1097-1110, 4800 mots, 3 fig., 2 tab.

Digitized by Google

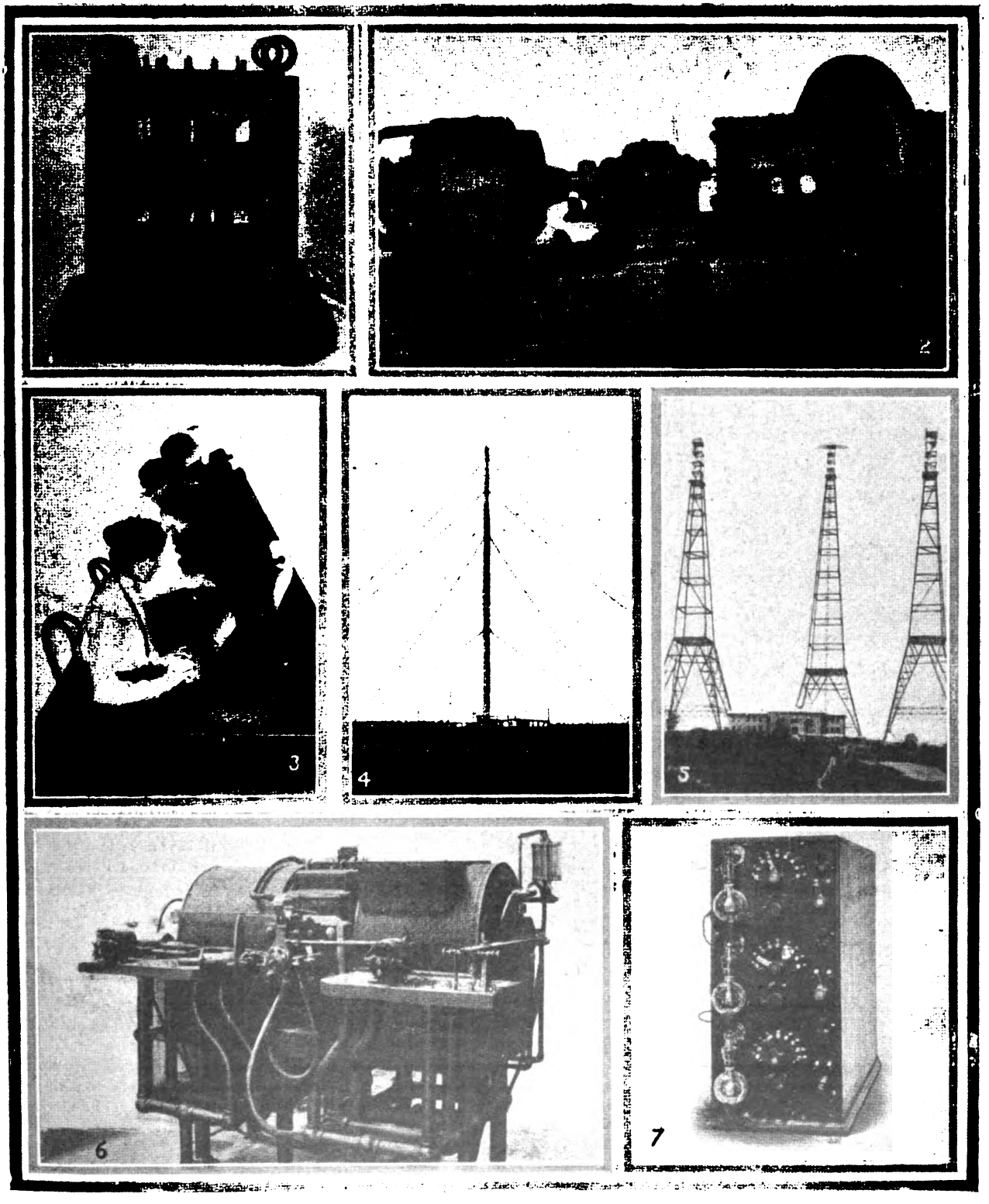


Fig. 1 à 7. — La télégraphie et la téléphonie, avec ou sans fil, aux États-Unis.

1. **Amplificateur magnétique** d'une installation radiotéléphonique de 75 kw. — 2. Alternateur de 75 kw, 50 000 p : sec. — 3. **Poste de départ d'une installation** télégraphique quadruplex avec appareils imprimants. — 4. Pylône principal, de 150 m de **hauteur, du poste radiotélégraphique** de Sayville. — 5. Tours du poste radiotélégraphique d'Arlington du gouvernement des Etats-Unis ; la tour médiane a 180 m de hauteur, les deux autres ont 135 m. — 6. Transmetteur à arc Poulsen de 100 kw employé dans les essais entre San-Francisco et Honolulu. — 7. Audion amplificateur De Forest.

Digitized by Google

quement; on tend à s'approcher le plus possible de cette condition. Avec l'arc à courant alternatif on en demeure toujours assez loin, d'autant plus qu'on ne peut utiliser que la lumière d'un des cratères afin d'avoir une source bien définie. — La quantité de lumière utilisée est celle qui demeure comprise dans l'angle solide sous-tendu par la lentille dont la largeur reste comprise entre 4,5 et 5 pouces (9 à 12,5 cm). La distance de l'arc à la lentille doit être aussi petite que possible, mais est limitée par la quantité de chaleur que peut supporter la lentille: cette distance avec les arcs puissants est environ 5 pouces: l'ouverture de l'angle solide est donc 45° environ. La proportion de lumière utilisée dans ces conditions est 17 pour 100 environ.

Perfectionnements possibles. — Il y aurait intérêt à chercher un perfectionnement qui permettrait d'utiliser une plus grande proportion de lumière. L'emploi d'un miroir parabolique analogue à ceux qu'on emploie dans les projecteurs, le cratère positif étant au foyer et face au miroir, permettrait d'utiliser 75 pour 100 de la lumière totale.

Naturellement, quelques modifications seraient nécessaires dans le dispositif optique, le faisceau issu du projecteur étant un faisceau cylindrique de même diamètre que celui du miroir, de façon qu'il faudrait, ou bien un film assez étendu pour couvrir le rayon, ou bien une lentille aussi large que le miroir pour concentrer la lumière sur le film. — Un dispositif qui paraît pouvoir, d'après l'auteur, donner de bons résultats, est l'emploi d'un miroir de forme ellipsoïdale, le charbon positif étant disposé suivant l'axe, son cratère au foyer le plus voisin du miroir. Un miroir ellipsoïdal, engendré par la rotation d'un arc d'ellipse autour de son grand axe et sous-tendant un angle de 120 à 150° autour du foyer adjacent au miroir et faisant converger les rayons réfléchis sur l'autre foyer, sous un angle suffisamment réduit pour permettre l'emploi d'une lentille objective de grandeur courante, ne présenterait pas des difficultés de construction sérieuses et réaliserait un progrès notable dans l'utilisation de la lumière. Les calculs faits par l'auteur lui ont montré que, ni la courbure, ni les dimensions de tels miroirs n'étaient excessives. Une ouverture de 120° permettrait théoriquement l'utilisation de 75 pour 100 de la lumière. La meilleure disposition des charbons serait un charbon positif horizontal et un charbon négatif de faible section, à revêtement métallique, incliné de 20 à 30° sur l'axe.

Sur l'emploi des surplus d'énergie pour la préparation de l'acide nitrique et des nitrates aux Etats-Unis (1).

Il est beaucoup question, aux Etats-Unis, de la production de nitrates pour les explosifs, les engrais et autres usages commerciaux avec la possibilité de développer rapidement la fabrication d'acide nitrique en cas de guerre. Les projets envisagés sont en général : 1° l'emploi des sous-produits de fours à coke et de gazogènes Mond d'où l'on retire le sulfate d'ammoniaque; 2° l'érection d'une énorme usine hydro-électrique pour la production d'acide azotique, soit par le procédé direct de l'arc, soit par le procédé indirect de la cyanamide calcique.

Le premier projet aurait l'avantage de procurer, d'une façon continue et économique, des produits nitrés, mais ne permettrait pas de développer beaucoup la production dans le cas où des nécessités militaires l'exigeraient.

Le second projet, tout en mettant à même de fabriquer suivant les moments des engrais, des explosifs et des acides pour usages industriels; ou de l'acide azotique et des explosifs de guerre, aurait d'abord le défaut de demander plusieurs années pour sa réalisation. Un autre inconvénient serait de concentrer toute la production en un seul point devenant par cela même vulnérable et pouvant immobiliser pour sa défense des effectifs importants.

Ces réflexions sont faites dans une interview accordée à M. Frederic Nicholas par M. Frederick Darlington, ingénieur-conseil de la Compagnie Westinghouse américaine. Le projet qu'il oppose au précédent, bien qu'il l'envisage naturellement au point de vue américain, est également intéressant pour nous. Nous sommes, en effet, mieux placés que les Américains au point de vue de l'électrochimie, et M. Darlington reconnaît lui-même la supériorité de l'Europe sur le nouveau monde dans ce domaine. Il déplore la nécessité où sont les entreprises de production d'énergie des Etats-Unis de s'adresser aux représentants des maisons européennes pour l'étude des installations d'électrochimie.

Dans la plupart des usines, la puissance réellement distribuée n'est qu'une partie de la puissance totale installée ou pouvant l'être.

Dans chaque centrale, il a été prévu une extension ultérieure et des capitaux ont été engagés en terrains, bâtiments, etc. (en particulier dans les usines hydro-électriques avec leurs barrages, fondations, etc.) pour permettre l'installation future de nouveaux générateurs.

Dans ces conditions, le surplus de l'énergie non employée peut être considéré comme un sous-produit qu'on obtient en grandes quantités et à bon compte. On peut donc en disposer pour alimenter dans chaque centrale une installation pour la production de nitrates. Les usines marcheraient alors continuellement à pleine puissance. En temps de paix, le rapport entre la quantité d'énergie distribuée et celle employée à la fabrication des produits nitrés serait déterminé par la loi de l'offre et de la demande. En temps de guerre, on pourrait réduire la part attribuée aux autres usages pour réserver la quantité nécessaire à la production d'acide nitrique.

Ce projet aurait encore sur les précédents l'avantage d'être réalisable beaucoup plus vite. En cas de guerre, les installations existantes pourraient être facilement et rapidement agrandies, le personnel nécessaire serait déjà formé. Enfin la dispersion des centres de production d'explosifs les rendraient moins sujets aux attaques ennemies. En temps de paix, cet emploi du surplus d'énergie devrait agir comme un stimulant dans l'utilisation des ressources hydrauliques.

M. B.

(1) Frederic Nicholas, 1917, series of « Talks in the Industry » *Electrical World*, vol. LXIX, n° 5, 3 fév. 1917.

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

Les industries électriques au Japon

Dans cet article l'auteur donne l'état actuel de l'industrie électrique au Japon et montre les débouchés que les industriels européens pourraient trouver dans ce pays, tant en y exportant du matériel qu'en y vendant des licences aux maisons indigènes qui s'y sont créées en assez grand nombre depuis quelques années.

Presque à la veille de la guerre actuelle, un spécialiste japonais, ingénieur-conseil en matière d'applications d'électricité, le professeur Shunkchi Kimura, étudiait devant la Royal Society of Arts de Londres l'état présent des industries électriques au Japon. Il faisait remarquer tout à la fois que les fabriques d'appareils, d'outillage, de matériel électriques n'étaient point sans exister dans l'empire du Soleil Levant; mais qu'il ne fallait point espérer ou supposer que ce pays était à même de se passer du concours des industries européennes, qu'au contraire des relations de plus en plus suivies devaient être établies en cette matière comme en beaucoup d'autres. Pour lui, l'industrie domestique électrique japonaise faisait de réels progrès, mais beaucoup plus lentement qu'en Europe et en Amérique; il estimait même que ces industries électriques sous leurs diverses manifestations étaient, au Japon, en retard peut-être d'une quinzaine d'années sur les industries analogues des contrées de civilisation européenne.

On prétend bien que, sous l'influence de la guerre, de la rupture partielle des relations commerciales, comme conséquence de la gêne des transports maritimes, le Japon serait arrivé à se suffire en très grande partie, que ce serait, au surplus, quelque peu son idéal. Mais il ne faut pas exagérer les choses. On n'improvise pas en cette matière plus que dans d'autres. Les besoins locaux s'élargissent; les échanges internationaux s'imposeront logiquement demain comme aujourd'hui et surtout comme hier. Ainsi que le faisait remarquer le professeur Kimura, des chutes d'eau abondent dans le pays, par suite de la multiplicité des torrents de montagne si bien adaptés à la création de stations génératrices d'électricité. Il estime que l'on peut disposer de quelque 10 millions de chevaux-vapeur, alors que 600 000 seulement ont déjà été utilisés, du moins captés; la moitié de ce total correspondant, au moment où il écrivait, aux stations en exploitation déjà réalisées, stations servant surtout à distribuer le courant d'éclairage et la force motrice dans les grandes villes. Si les renseignements qu'il donnait laissaient supposer que vraisemblablement les applications de l'électricité pourraient se développer rapidement au Japon, bien des données et des appréciations qu'il fournissait laissaient inférer au contraire que la fabrication du matériel, de l'outillage, des appareils électriques était bien loin de se trouver au point dans son pays.

Il affirmait volontiers que l'on y fabriquait déjà des moteurs, des générateurs, des transformateurs de type classique d'assez bonne qualité, mais que d'autre part les fers et aciers spéciaux nécessaires à ces fabrications devaient être importés en très grande quantité. Il admettait qu'on pût acheter les licences et les brevets à l'étranger pour réaliser ces fabrications nouvelles, mais n'estimait pas que, sans l'aide d'ingénieurs étrangers très au courant, on pût en tirer parti pour fabriquer des articles de qualité supérieure. Il déplorait l'étroitesse du marché national et les difficultés de porter les affaires commerciales sur le marché international; et, tout en constatant ce qu'il appelait un « boom », une poussée en matière d'industries électriques au Japon, il ne constatait qu'une proportion très faible de produits de l'industrie indigène dans l'ensemble du mouvement commercial. C'est ce qui fait que, tout comme pour la fabrication, il réclamait la coopération d'étrangers au courant, il estimait qu'une coopération analogue et très éclairée était indispensable dans ce domaine international. Il employait volontairement le mot de « coopération », qui correspondait bien aux pratiques qu'il conseillait. Il estimait, en effet, que l'administration des entreprises que l'on tenterait, les relations avec les consommateurs locaux, la connaissance des besoins de ce consommateur, les moyens pratiques de l'atteindre dans les relations personnelles, dans les relations par lettres, dans la publicité, tout cela nécessitait des administrateurs étrangers apportant leur concours aux entreprises tentées.

Il ne semble pas vraisemblable qu'il ait suffi du déchaînement de la guerre actuelle, de la rupture de relations commerciales faciles pour improviser au Japon les connaissances et le personnel qui manquaient; sans doute la nécessité a pu faire surgir des fabrications, des entreprises, mais dans lesquelles bien des défauts continuent à s'accuser. Et c'est pour cela que les conseils, que le professeur japonais donnait au public des industriels anglais, sont bons à ne point perdre de vue. Cela

Digitized by Google

d'autant que le développement absolu et l'importance des entreprises utilisant le courant électrique, les moteurs électriques, les génératrices et l'outillage, n'ont fait que s'accuser. Il est facile de constater cette importance par quelques chiffres fournis dans les documents officiels japonais, dans les enquêtes poursuivies, et tout particulièrement, dans les documents très complets et variés que le ministère des Finances du Japon publie chaque année sous la forme d'un annuaire financier et économique.

Notons que, d'après M. Kimura, les génératrices, les moteurs et les transformateurs se fabriquaient en quantités importantes; les génératrices ainsi produites localement atteignant jusqu'à des puissances de 6 000 kw; parmi deux des grandes fabriques du genre, une était en relations avec la General Electric Company des Etats-Unis; pour l'outillage toute une série de fabriques secondaires luttaient ardemment les unes contre les autres. On commençait à fabriquer des types spéciaux de machines, notamment pour accouplement direct avec turbines à eau et turbines à vapeur, bien que l'importation répondît surtout à ces besoins particuliers. Les lampes à filament de carbone se fabriquaient dans d'assez bonnes conditions, sauf pour les tensions de 220 v, mais les filaments de qualité supérieure étaient tous importés. On s'était mis à produire également des lampes au tungstène de taille ordinaire, et les grandes usines spéciales de Kawasaki et d'Osaka livraient au marché, chaque jour, des dizaines de milliers de ces lampes électriques. L'importation ne trouvait rien à faire au point de vue des isolateurs en porcelaine de bonne qualité, la matière première se trouvant en abondance dans le pays, notamment dans l'île de Kioushiou; on ne réussissait toutefois qu'assez peu la fabrication des tubes droits au moins dépassant 30 cm de long. Pour ce qui est des dispositifs et appareils en mica, c'étaient seulement des tentatives qui avaient été faites, bien que, en Corée et en Mandchourie, on fût sur le point de découvrir pratiquement des gisements de bonne qualité; mais on recourait surtout aux provenances anglaises pour les qualités supérieures. Ce n'était que sur de faibles proportions qu'on fabriquait les composés, les vernis isolants, les isolateurs en caoutchouc, en bakerite. On importait en très grande quantité les appareils de mesure les plus variés, la fabrication locale ne donnant que des appareils d'une précision tout à fait approximative; souvent, quand les fabricants locaux voulaient arriver à une certaine précision, les appareils qui étaient susceptibles de la fournir coûtaient plus cher que ceux qui étaient importés par les maisons spéciales d'Amérique et des Etats-Unis. Les métaux pour former résistance électrique n'étaient pour ainsi dire jamais traités dans le pays. Les usines à caoutchouc étaient bien loin de gêner l'importation, alors que, par contre, les fils de cuivre, les câbles de transmission, les conducteurs de toutes sortes se fabriquaient de manière à arrêter presque complètement l'importation en la matière. Pour ce qui est des piles sèches, le consommateur privé se fournissait plutôt à l'étranger; tandis que les administrations publiques se contentaient des produits indigènes sous l'influence d'un nationalisme un peu maladroit, en dépit des qualités fort inférieures de ces produits nationaux. Quant aux électrodes, aux balais en charbon et aux divers produits analogues, ils étaient de qualité fort inférieure aux produits importés et leur fabrication ne représentait qu'un chiffre assez faible. Pour ce qui est du matériel téléphonique et télégraphique, on n'était point très difficile; le gouvernement, exploitant les deux monopoles, se contentait généralement d'appareils de type un peu ancien; beaucoup des fournitures étaient demandées à deux maisons locales dont l'une était d'ailleurs en connexion intime avec les fabriques européennes. En fait d'appareillage pour l'éclairage électrique, il n'y avait guère que les milieux demeurés étroitement japonais pour se contenter des articles de fabrication indigène, cette fabrication ne produisant même qu'assez peu de ces ventilateurs électriques qui ont pourtant leur emploi assez désigné dans le pays.

Si nous étudions ou, tout au moins, examinons les diverses statistiques dressées au sujet des industries électriques au Japon, parmi toutes les usines classées suivant le genre d'industries auxquelles elles se livrent (le nombre total de ces usines et ateliers étant d'un peu plus de 17000, dont quelque 10300 dotées de force motrice électrique) nous trouvons un premier groupe possédant des moteurs électriques tournant sous le courant produit par l'usine même, au nombre d'un peu plus de 3000 pour 79500 ch; d'autre part, on compte un peu moins de 7000 moteurs représentant 121300 ch quand il s'agit de moteurs alimentés par le courant électrique venant du dehors. Dans ces différentes usines, le nombre des dynamos en service est de 1450 à la fin de l'année 1914 pour une puissance d'un peu plus de 376000 kw. C'est d'ailleurs principalement dans ce que l'on appelle les « usines spéciales » dépendant de l'industrie électrique même, de l'industrie du gaz ou du raffinage des métaux que l'on trouve en plus grand nombre ces moteurs ou ces dynamos. Les premiers sont au nombre de 400 environ pour un peu moins de 39000 ch de force, les autres se comptent par 430, correspondant à 272000 kw. Dans l'industrie électrique proprement dite, les chiffres respectifs sont de 250 moteurs avec 36000 ch à peu près, et de 390 dynamos pour 268000 kw.

Nous voyons comme industries importantes faisant appel au courant électrique comme force motrice les industries textiles, mettant à contribution un peu moins de 3600 moteurs pour une force totale en chevaux de quelque 43000 ch, le nombre des dynamos dans ces industries textiles étant de 490 pour 32000 kw. Les données correspondantes dans l'industrie générale de la construction des machines et du travail des métaux sont de 3000 moteurs pour 52000 ch et de 185 dynamos pour un peu moins de 21000 kw. Dans les industries chimiques, les données correspondantes sont de 1300 moteurs et 53000 ch et de 200 dynamos environ pour 46000 kw. Dans les manufactures de papier, on

Digitized by Google

trouve déjà quelque 250 moteurs électriques pour bien près de 26000 ch et une quarantaine de dynamos pour 14000 kw.

En somme, l'industrie japonaise, comme c'est bien l'impression générale depuis quelques années, accuse évidemment une situation assez satisfaisante au point de vue des emplois de l'électricité, puisque, dans l'ensemble des 17000 usines et ateliers, et bien que la petite industrie ait puissamment résisté aux concentrations et aux centralisations, bien que les usines et ateliers sans force motrice se comptent par 6700, il n'en existe pas moins un nombre assez considérable de ces usines et ateliers possédant de la force motrice, et le total des 200000 ch fournis par quelque 10000 moteurs électriques, l'ensemble des 1450 dynamos correspondant à 376000 kw à répartir dans les usines et ateliers dotés de force motrice, indiquent bien la pénétration marquée de l'électricité dans les pratiques industrielles japonaises. Il faut songer que, dans l'ensemble, les autres types de force motrice, vapeur, gaz, moteurs à pétrole, force hydraulique, même y compris les petites installations de ce dernier genre sous la forme des roues japonaises, ne représentent pas plus de 750000 ch.

Il est, du reste, assez malaisé de se rendre compte du personnel ouvrier que les industries électriques, dans leurs diverses manifestations, occupent au Japon. Il y a bien, dans les statistiques spéciales, l'indication du personnel de l'industrie électrique spécialisée peut-on dire, classée parmi les « industries spéciales » à côté de l'industrie du gaz et de l'industrie minière; pour cette industrie électrique ainsi cataloguée, le personnel ne serait que de 3500 personnes, dont à peine quelques femmes. Mais il est évident que, dans la catégorie des « manufactures de machines », comme disent les statistiques japonaises, de l'industrie mécanique entendue largement et qui compte dans l'ensemble quelque 88000 ouvriers ou ouvrières, il y a bien une part assez importante relevant des industries électriques.

Ce qui est peut-être plus intéressant, c'est de constater que les diverses entreprises à caractère électrique fonctionnant sur le sol de l'empire du Soleil Levant paraissent donner de bons résultats financiers, ce qui permet d'escompter vraisemblablement un développement fécond des industries électriques au Japon et de compter sur un marché qu'il ne faut pas perdre de vue, et sur lequel il sera profitable de revenir dans les meilleures conditions industrielles et commerciales le jour où les circonstances le permettront.

Il est bon de se rappeler, à cet égard, que ce que les statistiques japonnaises appellent les entreprises électriques ne comportait en 1905 encore que 95 Compagnies, avec un capital autorisé d'un peu plus de 27 millions de yen et un capital versé de moins de 21 millions (le yen valant 2,58 fr). A ce moment, les distributions d'éclairage électrique alimentaient la valeur de quelque 570000 lampes de 10 bougies (le nombre effectif en étant de 510000 de toute puissance) la force motrice fournie correspondait à moins de 20000 kw. Dès 1910, on comptait 185 de ces entreprises pour 230 millions de yen de capital autorisé et 155 millions de capital versé; le nombre théorique des lampes de 10 bougies était de 2122000 pour un nombre effectif de 2142000 et la force motrice dépassait 75000 kw. En 1914, les 437 Compagnies existantes avaient un capital versé de 435 millions de yen pour 545 millions de capital versé; les entreprises d'éclairage électrique fournissaient une force motrice de 178000 kw et alimentaient 7710000 lampes électriques diverses correspondant à 7140000 lampes théoriques de 10 bougies.

Sans doute, unitairement, la plupart des Compagnies de ces entreprises d'électricité ne représentent pas une puissance financière considérable, puisque celle du tramway électrique d'Osaka, par exemple, n'a émis que pour 6 millions de yen d'obligations, dont elle a du reste remboursé la moitié environ; le chiffre correspondant est de 7 millions et demi pour la Compagnie d'électricité de l'Ujigawa, de 6 millions pour la Compagnie d'électricité du Kinugawa, utilisant les chutes d'eau pour la production du courant; de 5 millions de yen pour la Compagnie d'éclairage électrique de Tokyo, de 3300000 pour la Compagnie d'éclairage électrique de Kyoto. Cela n'empêche que les tramways électriques, dans l'ensemble du Japon, présentent un développement tout à fait remarquable: en 1915, par exemple, le nombre des Compagnies ou municipalités exploitantes était de 70 pour 308 millions de yen de capital autorisé et 274 millions de capital versé, le fonds de réserve dépassant un peu 7 millions de yen. Il y avait, en ce moment, en exploitation plus de 1400 milles anglais, autrement dit 2100 km environ de voies et quelque 405 milles, c'est-à-dire plus de 600 km, de voies en construction. Le nombre des voyageurs transportés dans l'année dépasse 639 millions; les recettes atteignent à peu près 42 millions de yen pour 22 millions de dépenses; et, depuis 1906 par exemple, le taux du dividende distribué aux actionnaires de ces sociétés n'est jamais descendu au-dessous de 6,2, il est même monté parfois à 9,5, il est vrai de façon exceptionnelle. Beaucoup de ces Compagnies ou exploitations de tramways électriques fournissent également l'éclairage électrique et la force motrice à titre accessoire. C'est le cas, par exemple, de la Compagnie des usines hydro-électriques du Kyu Shu, avec ses 11 millions et demi de capital autorisé, mais seulement 5750000 yen de capital versé, il en est de même des tramways de la ville d'Osaka, dont le capital (versé ou autorisé) est de 33 millions et demi, des tramways de la ville de Tokyo, pour lesquels le chiffre correspondant dépasse 99 millions et demi de yen.

Quand cela ne serait que du fait de ces entreprises un peu spéciales, la clientèle de l'industrie électrique serait déjà abondante et importante au Japon. Et l'on comprend que, dans ces conditions, le professeur Kimura, dans l'étude à laquelle nous faisions des emprunts tout à l'heure, ait insisté sur l'importance qu'il y a pour les maisons de constructeurs, industriels étrangers, même inventeurs en matière électrique, de défendre leurs droits au point de vue des brevets, de faire connaître leurs inventions, tout en les introduisant pratiquement dans

Digitized by Google

la clientèle possible ; de soigner leur mise en exploitation en vendant des licences sous une forme quelconque ou en s'entendant par une sorte de coopération avec les maisons indigènes. Il estime au surplus que, pour pousser une industrie étrangère, le meilleur moyen serait celui auquel les Allemands ont souvent eu recours même en Chine, la publication dans les journaux et revues industrielles et commerciales, et en langue japonaise bien entendu, d'articles spéciaux sur leurs inventions, leur production, leurs produits, les particularités et les avantages de ce qu'ils fabriquent, sur les conditions dans lesquelles on peut le mieux en tirer parti, le plus profitablement, avec des indications sur les résultats obtenus dans des essais techniques.

Il y a là-bas une clientèle déjà développée, susceptible de se développer encore, et à la satisfaction de laquelle il faut se préparer, tout à la fois en connaissant ses besoins et en lui faisant savoir ce qu'on est en état de lui fournir.

Daniel BELLET,
Secrétaire de la Société d'Économie politique.

Assemblées générales

Compagnie des tramways de Rouen.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 6 MARS 1917.

L'exercice 1916 de la Compagnie des tramways de Rouen est caractérisé par deux faits essentiels, l'accroissement considérable du trafic dû essentiellement au développement économique et industriel de la région de Rouen, et l'accroissement encore plus notable des dépenses d'exploitation pour lesquelles la seule augmentation des prix du charbon a entraîné une dépense supplémentaire de 250 000 fr.

Si nous comparons les résultats de l'exercice 1916 avec ceux de l'exercice précédent, nous trouvons que les recettes d'exploitation ont été de 4 388 576 fr en 1916 contre 3 604 085 fr pour 1915 et les recettes totales de 4 451 742 fr contre 3 701 994 fr pour les périodes correspondantes.

Les dépenses d'exploitation, qui s'étaient élevées à 2 050 393 fr en 1915, ont atteint, en 1916, 2 920 123 fr.

Le bénéfice brut a donc été de 1 531 619 fr auquel s'ajoute le solde du compte intérêts et divers, soit 3 909 fr portant la somme à répartir à 1 535 529 fr.

Après déduction de ce chiffre des charges et amortissements statutaires, le compte de prévoyance a été reporté à 750 000 fr par l'attribution d'une somme de 151 888 fr, montant des travaux d'entretien exécutés pendant l'année, et la provision spéciale pour la remise en état du matériel après la guerre a été rétablie à 175 000 fr, en la dotant d'une somme de 90 000 fr égale à celle engagée dans l'année pour ces travaux.

Un dividende de 30 fr par action de capital et de 5 fr par action de jouissance a été réparti, et le solde ajouté au reliquat de l'exercice 1915, soit 96 249 fr, a été reporté à nouveau.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1916.

Actif.

	fr
Dépenses d'établissement :	
Réseau municipal : Immeubles, usines, voies anciennes et nouvelles, ligne aérienne, feeders, etc., voitures électriques et de remorque	17 781 199,01
Réseau départemental : Usines, voies, ligne aérienne et feeders, voitures électriques et de remorque	981 183,02
Chemin de fer funiculaire Rouen-Eauplet : Immeubles, voie et gros outillage, matériel roulant	40 775,41
Comptes communs aux divers réseaux : Indemnités et frais divers, dépôts, ateliers, stations et feeders	2 030 985,70
Caisses, banquiers et portefeuille	393 616,57
Cautionnements déposés par la Compagnie	15 000 »
Nues propriétés de rentes viagères	3 626,95
Débiteurs divers	27 197,20
Approvisionnements divers	621 369,39
Comptes d'ordre	74 254,86
Acompte sur le dividende de l'exercice 1916	314 000 »
	22 283 208,11

Passif.

	fr
Capital actions	12 560 000 »
Obligations	4 627 000 »
Réserve statutaire	931 887,27
Amortissement du capital	940 000 »
Amortissement par remboursement d'obligations anciennes	1 590 500 »
Amortissement par remboursement d'obligations nouvelles	373 000 »
Compte de prévoyance	598 111,46
Provision spéciale pour la remise en état, après la guerre, du matériel roulant et des voies	85 000 »
Dépôts divers	33 527,82
Créanciers divers	304 227,81
Profits et pertes	1 239 953,75
	22 283 208,11

Digitized by Google

SECTION DE LÉGISLATION

Législation, jurisprudence, réglementation

Décret relatif à l'organisation du personnel de la radiotélégraphie coloniale.

Ce décret, pris en date du 19 février 1917 par le ministre des Colonies et publié par le « Journal officiel » du 23 février 1917, crée un vaste débouché aux jeunes ingénieurs électriciens et, en particulier, aux anciens élèves diplômés de l'École supérieure d'électricité, en leur ouvrant des emplois qui étaient jusqu'ici réservés à des fonctionnaires. Il est aussi très intéressant pour les anciens officiers sans-filistes des armées de terre ou de mer, auxquels il offre une situation civile d'avenir.

Ce décret fait espérer que le gouvernement a l'intention de créer un grand réseau colonial de télégraphie sans fil qui favorisera le développement de notre immense empire colonial.

Voici ce décret in extenso :

TITRE Ier

ORGANISATION ET FONCTIONNEMENT DES SERVICES

ARTICLE PREMIER. — Le service de la télégraphie sans fil aux colonies est assuré par un personnel technique organisé conformément aux dispositions du présent décret.

ART. 2. — Au point de vue de l'organisation et du fonctionnement du service, de l'affectation du personnel, les stations de télégraphie sans fil sont divisées suivant leur importance en quatre catégories.

Cette division est faite, dans chaque colonie isolée, ou dans chaque groupe de colonies, par arrêté local.

Il est tenu compte, pour ce classement, de la puissance et de la portée des stations, de la nature des communications, de l'importance du trafic, de la durée d'ouverture journalière et, d'une façon générale, de toute considération susceptible d'être retenue à cet égard.

Dans une même colonie ou dans un même groupe de colonies, les stations sont réparties en réseaux radiotélégraphiques, par arrêtés locaux.

ART. 3. — Dans toute colonie isolée, ou dans tout groupe de colonies possédant, soit au moins un réseau radiotélégraphique, soit au moins une station de première catégorie, le service de la télégraphie sans fil est placé sous l'autorité d'un chef de service choisi parmi les inspecteurs, chef de station, ou, à titre exceptionnel, et, dans le cas de réseaux peu importants, d'intérêt purement local, sous-chef de station, dont le règlement est fixé par l'article 9. Dans les autres colonies, la direction du service est réglée par un arrêté du gouverneur.

Les questions relatives à la partie commerciale de l'exploitation (taxes, comptabilité, etc.) sont réglées d'accord avec le service local des postes et des télégraphes.

TITRE II

ORGANISATION DU PERSONNEL

Composition du personnel.

ART. 4. — Le personnel employé au service de la télégraphie sans fil aux colonies se compose :

1° D'agents appartenant à un cadre général ;

2° D'agents appartenant aux cadres locaux, spéciaux à chaque colonie ou à chaque groupe de colonies,

Le cadre général comprend les agents pouvant servir dans toutes les colonies.

Le personnel de ce cadre ne peut appartenir en même temps à aucun autre cadre régulièrement constitué, métropolitain ou colonial.

En cas de nécessité, il pourra, en outre, être fait appel au concours de fonctionnaires civils ou militaires, appartenant à d'autres cadres régulièrement constitués, métropolitains ou coloniaux et remplissant les conditions fixées à l'article 9.

Ces fonctionnaires auront alors droit aux traitements prévus par leurs règlements, particuliers, plus l'indemnité spéciale dont il sera parlé à l'article 10.

Le personnel militaire, détaché à la télégraphie sans fil, sera placé dans la position hors cadres, conformément aux règlements en vigueur. Il sera traité, quant au statut militaire, comme tout personnel déjà placé dans cette position, notamment en ce qui concerne la remise à la disposition des départements de la guerre ou de la marine, en cas de suppression d'emploi.

Les cadres locaux comprennent les agents subalternes nécessaires au fonctionnement du service et non prévus dans le cadre général.

Les cadres locaux sont réglementés par des arrêtés locaux.

ART. 5. — Le cadre général comprend :

Des inspecteurs principaux.

Des chefs de station de 1re, 2e, 3e classe.

Des sous-chefs de station de 1re, 2e, 3e, 4e, et 5e classe.

Des mécaniciens principaux.

Les cadres locaux comprennent :

Des agents techniques radiotélégraphistes et mécaniciens.

Des auxiliaires.

Pour le cadre général :

Le nombre d'agents de chaque grade et de chaque classe est fixé par arrêté ministériel, en tenant compte des demandes des colonies.

Pour les cadres locaux :

Le nombre des agents des cadres locaux est fixé chaque année par arrêté du gouverneur général ou du gouverneur, selon les nécessités du service et les prévisions budgétaires.

Affectation et recrutement du personnel.

ART. 6. — Conditions générales d'admission.

Les candidats aux emplois du cadre général du personnel de la télégraphie sans fil aux colonies doivent justifier :

1° Qu'ils sont français ou naturalisés français ;

2° Qu'ils ont satisfait à la loi sur le recrutement de l'armée ;

3° Qu'ils jouissent de leurs droits civils et politiques ;

4° Qu'ils ont les aptitudes physiques nécessaires pour servir dans les colonies, constatées dans les formes réglementaires.

ART. 7. — Affectations générales du personnel.

Le personnel des stations assure le service d'exploitation de la télégraphie sans fil.

Le personnel d'inspection assure le contrôle technique et administratif des stations.

Le chef de service assure la direction générale technique et administrative de la télégraphie sans fil. Le contrôle et la liquidation des comptes radiotélégraphiques des stations, ainsi que l'étude des stations nouvelles, sont centralisées par ses soins.

Le chef de service peut avoir sous ses ordres un ou plusieurs inspecteurs, chargés plus spécialement de contrôler le fonctionnement de tel ou tel ensemble de stations, ou éventuellement de diriger le montage de stations nouvelles.

ART. 8. — 1° Tout réseau radiotélégraphique est placé sous les ordres d'un inspecteur, chef de station, ou même sous-chef de station, dans le cas exceptionnel prévu à l'article 3. Ce fonctionnaire peut, d'ailleurs, être en même temps le chef du service de la T. S. F. dans la colonie ;

Digitized by Google

2° Les stations de 1re catégorie sont dirigées en principe par un chef de station ;

3° Les stations de 2e catégorie sont dirigées en principe par un sous-chef de station de 1re ou 2e classe ;

4° Les stations de 3e catégorie sont, en principe, dirigées par un sous-chef de station de 3e, 4e ou 5e classe ;

5° Les stations de 4e catégorie, de petite puissance et d'une importance secondaire, sont en principe dirigées par un sous-chef de station de 5e classe. Elles peuvent exceptionnellement n'être desservies que par des agents des cadres locaux.

6° En principe, dans toute station de 1re catégorie, un sous-chef de station est adjoint au chef de station ;

7° Les mécaniciens principaux peuvent être chargés du montage des machines des stations nouvelles. Ils sont affectés, en principe, aux stations ayant une machinerie importante.

Recrutement.

I

ART. 9. — Les inspecteurs de 3e classe se recrutent :

1° Par avancement normal, dans les conditions fixées par les articles 14 et 15 du présent décret, parmi les chefs de station de 1re classe du cadre général, ayant dirigé des stations de 1re catégorie pendant une durée de six ans au moins, calculée comme il est indiqué à l'article 15 ;

2° A titre transitoire et exceptionnellement, des postes d'inspecteurs pourront être confiés aux fonctionnaires ou officiers énumérés ci-dessous :

Ingénieurs ou anciens ingénieurs des mines, des ponts et chaussées, des constructions navales, des postes et télégraphes, des travaux publics, des colonies.

Anciens officiers supérieurs, ou capitaines après quatre ans, ayant quitté l'armée depuis moins de cinq ans, du génie, de l'artillerie, de l'artillerie coloniale, de marine et exceptionnellement d'infanterie coloniale.

Les candidats à ces postes doivent posséder :

Le diplôme de sortie de l'Ecole polytechnique ;

Ou celui de l'Ecole centrale ;

Ou celui de la licence ès sciences ;

Ou celui de l'Ecole supérieure d'électricité.

Les candidats doivent avoir des connaissances techniques approfondies, tant en électrotechnique générale qu'en télégraphie sans fil, et connaître parfaitement tous les appareils et machines électriques ou mécaniques susceptibles d'être utilisés en radiotélégraphie. Ils doivent avoir monté des stations ayant une portée diurne supérieure à 500 km et dirigé pendant au moins deux ans effectifs le service de telles stations.

Exceptionnellement, à défaut de candidats réunissant les conditions énumérées plus haut et après appréciation du comité de télégraphie sans fil du département des colonies, les diplômes spécifiés ci-dessus pourront ne pas être exigés des candidats qui, par une longue pratique, auront justifié de leurs capacités, tant pour le montage que pour la direction du service des stations de 1re ou 2e catégorie.

Ces dispositions, applicables seulement à la première formation, prendront fin dès que le cadre des inspecteurs aura été constitué.

Dans les conditions générales spécifiées dans les paragraphes ci-dessus et à l'article 4 et lorsqu'il sera fait appel au concours d'officiers en activité de service, les fonctions d'inspecteur principal pourront être confiées à des chefs de bataillon.

Celles d'inspecteur de 1re classe à des capitaines après douze ans de grade.

Celles d'inspecteur de 2e classe à des capitaines après huit ans.

Celles d'inspecteur de 3e classe à des capitaines après quatre ans.

II

Les chefs de station de 4e classe se recrutent :

1° Parmi les candidats remplissant les deux conditions suivantes :

a) Avoir servi comme sous-chef de station de 1re classe pendant une durée de plus de six ans, comptée comme il est spécifié à l'article 15 ;

b) Avoir justifié devant une commission comprenant un inspecteur et deux inspecteurs, ou chefs de station de 1re ou de 2e classe, de connaissances approfondies des lois fondamentales de l'électrotechnique, des procédés de télégraphie sans fil, des réglements radiotélégraphiques et d'une pratique complète des machines et appareils utilisés dans une station, suivant un programme commun à toutes les colonies, arrêté par le ministre ;

2° Parmi les fonctionnaires ou officiers énumérés ci-dessous :

Ingénieurs ou anciens ingénieurs des mines, des ponts et chaussées, des constructions navales, des postes et des télégraphes, des travaux publics des colonies.

Anciens officiers subalternes après quatre ans de grade, ayant quitté l'armée depuis moins de cinq ans, du génie, de l'artillerie, de l'artillerie coloniale, de marine et, exceptionnellement, d'infanterie coloniale.

Les candidats à ces postes doivent posséder :

Le diplôme de sortie de l'Ecole polytechnique ;

Ou celui de l'Ecole centrale ;

Ou celui de la licence ès sciences ;

Ou celui de l'Ecole supérieure d'électricité.

Les candidats doivent avoir justifié devant la commission dont il est parlé au paragraphe *b* précédent, de connaissances techniques approfondies, tant en électrotechnique générale qu'en télégraphie sans fil, d'une pratique complète de tous les appareils et machines électriques ou mécaniques susceptibles d'être utilisés en radiotélégraphie. Ils doivent avoir monté des stations d'une portée diurne supérieure à 500 km et dirigé pendant au moins deux ans le service de telles stations.

A titre transitoire et exceptionnellement, à défaut de candidat réunissant les conditions énumérées plus haut et après appréciation du comité de T. S. F. du département des colonies, des postes de chef de station pourront être confiés à des fonctionnaires qui, à défaut des diplômes spécifiés ci-dessus, auront, par une longue pratique, justifié de leurs capacités, tant pour le montage que pour la direction du service de stations de première ou deuxième catégorie.

Cette disposition, applicable seulement à la première formation, prendra fin dès que le cadre des chefs de station aura été constitué.

Dans les conditions générales spécifiées ci-dessus et à l'article 4 et lorsqu'il sera fait appel au concours d'officiers en activité de service, les fonctions de :

Chef de station de 1re classe pourront être confiées à des capitaines ou assimilés avant quatre ans de grade.

Celles de chef de station de 2e classe à des lieutenants ou assimilés après huit ans.

Celles de chef de station de 3e classe à des lieutenants ou assimilés après quatre ans.

Celles de chef de station de 4e classe à des lieutenants ou assimilés avant quatre ans.

III

Les sous-chefs de station de 5e classe se recrutent parmi les mécaniciens principaux, les agents des cadres locaux et les candidats ayant des connaissances approfondies des lois fondamentales de l'électrotechnique, des procédés de télégraphie sans fil, des règlements radiotélégraphiques et une pratique complète des appareils et machines utilisés dans les stations de troisième catégorie.

Il sera justifié de ces connaissances devant une commission comprenant un inspecteur et deux chefs de station suivant un programme commun à toutes les colonies et arrêté par le ministre.

Les candidats devront avoir assuré le service dans une station radiotélégraphique pendant deux années au moins en France ou aux colonies.

Les candidats qui, remplissant les conditions ci-dessus, posséderont, en outre, un diplôme d'ingénieur électricien, pourront être nommés directement à la 2e classe.

Dans les conditions générales spécifiées ci-dessus et à l'article 4, les fonctions de sous-chef de station peuvent être confiées à des sous-officiers.

IV

Les mécaniciens principaux se recrutent parmi les agents techniques mécaniciens des cadres locaux ayant au moins deux ans de services effectifs et les candidats possédant des connaissances approfondies et pratiques sur la conduite des machines électriques et mécaniques employées en radiotélégraphie pour la production et la transformation de l'énergie et susceptibles d'effectuer les principaux travaux qui rentrent dans la pratique des ajusteurs mécaniciens et monteurs électriciens de petite et moyenne partie.

Il sera justifié de ces connaissances devant une commission comprenant au moins trois chefs de station, suivant un programme commun arrêté par le ministre pour toutes les colonies.

Digitized by Google

CADRES LOCAUX

Les conditions d'entrée dans les cadres locaux sont déterminées par des arrêtés locaux.

Toutefois, les candidats mécaniciens doivent avoir des connaissances pratiques approfondies sur la conduite des principales machines employées dans les postes de télégraphie sans fil pour la production et la transformation de l'énergie.

Ils doivent être à même d'effectuer les principaux travaux qui rentrent dans la pratique des ajusteurs mécaniciens et monteurs électriciens de petite et moyenne partie.

Les candidats télégraphistes doivent connaître à fond les règlements de service de la télégraphie sans fil, les réglages des récepteurs des stations de moyenne et petite portée. Ils doivent être capables de lire au son les signaux Morse de faible intensité à la vitesse de vingt mots de cinq lettres à la minute.

GRADES — CLASSES — SOLDES — CATÉGORIES — INDEMNITÉS

ART. 10. — 1° Les grades, emplois, classes et soldes, ainsi que le classement des fonctionnaires du service de télégraphie sans fil, sont fixés conformément au tableau ci-après :

GRADES ET CLASSES	SOLDES		CATÉGORIES
	d'Europe	coloniale	
Inspecteur principal.....	9 000	18 000	1re B
Inspecteur de 1re classe....	8 500	17 000	1re A
Inspecteur de 2e classe.....	8 000	16 000	1re B
Inspecteur de 3e classe.....	7 500	15 000	1re B
Chef de station de 1re classe.	7 000	14 000	1re B
Chef de station de 2e classe.	6 500	13 000	1re B
Chef de station de 3e classe.	6 000	12 000	1re B
Chef de station de 4e classe.	5 500	11 000	1re B
Sous-chef de station de 1re cl.	5 000	10 000	2e catégorie
Sous-chef de station de 2e cl.	4 500	9 000	2e catégorie
Sous-chef de station de 3e cl., et mécanicien principal...	4 000	8 000	2e catégorie
Sous-chef de station de 4e cl.	3 500	7 000	2e catégorie
Sous-chef de station de 5e cl.	3 000	6 000	2e catégorie

Lorsque dans les conditions prévues à l'article 9, paragraphe 3, un mécanicien principal est nommé sous-chef de station de 5e classe, il conserve la solde à laquelle il avait droit comme mécanicien principal, et cela jusqu'à ce qu'il soit promu à la 2e classe ;

2° Le personnel militaire a droit à la solde, aux accessoires de solde et aux prestations d'alimentation et d'habillement prévues pour chaque grade, par les règlements concernant les troupes à la charge du département des colonies ;

3° En outre des soldes fixées ci-dessus, des indemnités spéciales peuvent être accordées au personnel du cadre général, des cadres locaux, et aux fonctionnaires ou agents civils ou militaires attachés provisoirement au service de la télégraphie sans fil. Ces indemnités sont fixées par des arrêtés locaux.

Elles sont établies pour tenir compte du travail de nuit des difficultés spéciales du service, des conditions climatériques ;

4° Les indemnités ci-dessus ne sont pas perçues en France pendant les congés réguliers accordés au personnel. Elles ne sont pas acquises pendant les séjours à l'hôpital.

Elles peuvent être perçues pendant les missions d'une durée inférieure à six mois et réduites d'un tiers, quand la durée de la mission dépasse ce délai.

En ce qui concerne le personnel militaire, ces indemnités peuvent se cumuler avec les prestations prévues au paragraphe 2 ci-dessus et avec les frais de déplacement ;

5° A titre exceptionnel, des indemnités pour travaux supplémentaires peuvent être accordées par les gouverneurs au personnel pour des missions effectuées dans des conditions spéciales particulièrement pénibles.

Ces indemnités pour travaux supplémentaires sont réglées sur présentation d'un mémoire spécial établi conformément aux usages administratifs locaux.

Elles sont cumulables avec « l'indemnité spéciale au service de la télégraphie sans fil » prévue au paragraphe 3 de l'article 10. Elles ne peuvent naturellement être acquises pendant la durée des congés ou des séjours à l'hôpital ;

6° Les fonctionnaires et agents, remplissant provisoirement, en vertu d'une décision de l'autorité compétente, des fonctions supérieures à celles de leur grade ou de leur emploi, ont droit aux frais de service ou indemnité supplémentaires afférents à ces fonctions.

Règlements relatifs à la solde et aux accessoires de solde.

ART. 11. — Le personnel affecté au service de la télégraphie sans fil, est soumis aux dispositions des décrets et règlements relatifs à la solde et aux accessoires de solde concernant le personnel colonial, sauf les dérogations prévues aux articles 10, 14, 17, relatives aux frais de service, indemnités supplémentaires, indemnités de licenciement et position de congé spécial.

Indemnités de route et de séjour. — Passages.

ART. 12. — Le personnel civil de la télégraphie sans fil est soumis, en ce qui concerne les passages et les déplacements, à l'ensemble de la réglementation applicable au personnel colonial suivant la répartition indiquée au tableau de l'article 10.

Les militaires détachés au service de la télégraphie sans fil continuent à être régis au point de vue des frais de déplacement des militaires isolés aux colonies. Ils conservent, au point de vue des passages, le classement attribué à leur grade.

Retraites et primes.

ART. 13. — En ce qui concerne les retraites et primes, les fonctionnaires n'appartenant pas au cadre général, mais détachés d'un autre cadre, régulièrement constitué, métropolitain ou colonial, restent soumis aux lois et règlements en vigueur dans les corps auxquels ils appartiennent.

Un règlement spécial déterminera le régime applicable aux agents du cadre général.

Nominations.

ART. 14. — 1° Le personnel destiné à être admis dans le cadre général de télégraphie sans fil est classé, à titre provisoire, par arrêté ministériel, au fur et à mesure des vacances, au grade et à la classe qui semblent devoir être attribués aux candidats, suivant les indications de l'article 9 ci-dessus, et en tenant compte de leurs titres, de leurs aptitudes et de leurs services antérieurs.

2° Après avoir effectué, dans l'emploi qui leur a été ainsi provisoirement attribué, un stage de six mois au moins et d'un an au plus de service effectif (défalcation faite des congés, voyages et séjours à l'hôpital), les candidats sont définitivement classés par arrêté ministériel, après avis du comité de télégraphie sans fil, sur la proposition des services locaux, dans le grade et la classe qui conviennent le mieux à leurs aptitudes.

A titre exceptionnel, le temps passé en France pour l'exécution de travaux se rattachant au service auquel est destiné un candidat, pourra être compté dans la période de stage.

3° Le classement définitif pourra être supérieur d'un échelon au maximum, ou être inférieur, dans la hiérarchie du personnel, à celui qui avait été occupé pendant la période de stage. Il devra, dans tous les cas, être opéré en tenant compte des conditions fixées pour l'obtention de chaque grade par l'article 9.

4° En cas de vacance dans un grade, les postes disponibles seront confiés par voie d'avancement à des agents du service colonial de la télégraphie sans fil, réunissant toutes les conditions exigées, de préférence aux autres candidats.

5° Un cinquième au moins des emplois de chef de station sera réservé en principe pour l'avancement des sous-chefs de station réunissant les conditions prévues au paragraphe 11°/1° de l'article 9.

6° L'ancienneté des agents dans le grade définitif courra du jour du classement provisoire, pour ceux qui ont été maintenus dans leur classe, et du jour du classement définitif pour ceux qui ont été classés avec une classe ou un grade différents. Dans aucun cas, il ne pourra y avoir rappel de solde.

7° Ceux des agents qui, à l'expiration de la période de stage, et après avis motivé du chef du service de la télégraphie sans fil, ne seront pas reconnus susceptibles d'être admis dans le cadre général, seront licenciés par arrêté ministériel, sur la proposition du gouverneur, après avis du comité de télégraphie sans fil.

Ils recevront une indemnité de licenciement dans les conditions prévues par les règlements sur la solde.

8° Aucune indemnité ne sera allouée à ceux qui seront licenciés par mesure disciplinaire avant leur classement définitif. Mais ils auront droit au passage de retour dans les conditions prévues par les règlements en vigueur.

Digitized by Google

Avancement.

ART. 15. — 1° Ne peuvent obtenir un avancement que des agents ayant accompli dans la classe ou le grade immédiatement inférieur une durée de services effectifs de trente-deux mois. Pour la supputation de ce délai, la durée réelle des services effectifs accomplis dans les colonies est majorée pour tous les agents d'un nombre de mois égal au quotient de ce temps réel, décompté en mois, par la durée en années du séjour normal fixé par les règlements sur la matière pour les fonctionnaires civils coloniaux.

2° Les agents en service dans la métropole ne bénéficient d'aucune majoration.

3° Les missions d'ordre technique accomplies dans la métropole ou dans les pays étrangers sont comptées pour leur durée réelle dans la supputation des services effectifs, mais les missions accomplies en France ne peuvent compter pour une durée supérieure à six mois. Les congés administratifs, de convalescence, les congés hors cadres, ainsi que les congés spéciaux prévus à l'article 17, sont comptés, y compris la durée du passage, pour le tiers de leur durée réelle dans la supputation des services effectifs, sans pouvoir compter pour une durée supérieure à six mois.

4° Les droits à l'avancement des agents en disponibilité, en congé pour affaires personnelles, ou suspendus de leurs fonctions par mesure disciplinaire, sont suspendus.

5° Les agents promus à un grade supérieur débutent par la dernière classe de ce grade.

6° L'avancement dans le cadre général de télégraphie sans fil a lieu sans préjudice des conditions imposées à l'article 9 :

a) Uniquement au choix pour les nominations au grade d'inspecteur et les promotions de classe dans ce grade;

b) Trois quarts au choix, un quart à l'ancienneté pour les nominations au grade de chef de station et les promotions de classe dans ce grade;

c) Moitié au choix, moitié à l'ancienneté, pour les nominations et les promotions de classe dans le grade de sous-chef de station et de mécanicien principal.

7° Les nominations au choix sont faites dans l'ordre d'inscription à un tableau dit d'avancement, sous réserve des exceptions que pourraient entraîner les durées de service fixées par le paragraphe 1 du présent article.

8° Le tableau d'avancement est établi chaque année par le ministre, en tenant compte des propositions des gouverneurs généraux ou des gouverneurs, après avis du comité de télégraphie sans fil.

Le nombre d'agents inscrits pour chaque grade et chaque classe est légèrement supérieur au nombre présumé des nominations à faire dans l'année.

9° Les agents restant au tableau, au moment de l'établissement du tableau suivant, sont inscrits en tête de ce dernier.

Mesures disciplinaires.

ART. 16. — Les mesures disciplinaires sont :

Le blâme avec l'inscription au dossier.

La radiation du tableau d'avancement.

La rétrogradation.

La révocation.

I. — Le blâme avec inscription au dossier est infligé par le gouverneur.

II. — La radiation du tableau d'avancement est prononcée par le ministre.

III. — La rétrogradation et la révocation sont prononcées par le ministre. L'agent rétrogradé prend rang dans son nouvel emploi du jour de la décision, et ne peut être proposé pour l'avancement qu'après avoir effectué, dans cet emploi, le temps minimum exigé pour être élevé au grade ou à la classe supérieure, sans qu'il puisse être tenu compte du temps qu'il y aurait antérieurement passé.

IV. — La rétrogradation et la révocation ne peuvent être prononcées qu'après avis motivé d'une des deux commissions spéciales d'enquête composées, comme il est dit ci-après, et devant laquelle l'agent incriminé dûment appelé aura été mis en mesure de présenter ses moyens de défense, soit verbalement, soit par écrit; il pourra se faire assister d'un de ses collègues ou d'un fonctionnaire de son choix. L'avis de la commission d'enquête doit être visé dans l'arrêté prononçant les peines précitées et ne peut être modifié que dans un sens favorable à l'inculpé, sans préjudice de l'application des dispositions de l'article 65 de la loi de finances de 1905.

V. — La commission d'enquête siégeant dans la colonie est composée comme suit, sur la désignation du gouverneur général ou du gouverneur :

Un gouverneur des colonies ou un fonctionnaire ayant rang d'officier général; à défaut, le secrétaire général de la colonie, titulaire ou faisant fonctions, président.

Le chef du service de la télégraphie sans fil, titulaire ou intérimaire, ou faisant fonctions, ou à défaut un fonctionnaire ayant rang d'officier supérieur, plus ancien de services que l'inculpé.

Un membre du conseil privé ou du conseil d'administration de la colonie.

Un fonctionnaire de l'ordre judiciaire.

Un fonctionnaire du même ordre et d'un grade supérieur ou égal (mais dans ce cas d'une ancienneté supérieure) à celui du fonctionnaire ou agent incriminé, ou à défaut un fonctionnaire d'un cadre colonial, de préférence du cadre général des travaux publics, ayant une assimilation égale à celle de l'inculpé et une ancienneté de services plus grande.

VI. — La commission d'enquête siégeant à Paris, est composée comme suit, sur la désignation du ministre :

Le président du comité de télégraphie sans fil au ministère des Colonies, président;

Un inspecteur des Colonies;

Un chef ou sous-chef du bureau du personnel;

Un membre du comité de télégraphie sans fil du ministère des colonies;

Un fonctionnaire ou agent du même ordre et d'un grade supérieur ou égal (mais, dans ce cas, d'une ancienneté supérieure) à celui du fonctionnaire ou agent incriminé. En cas d'absence, ce fonctionnaire sera remplacé par un fonctionnaire d'un autre service ayant une correspondance hiérarchique de grade au moins égale à celle de l'agent incriminé.

VII. — Si le fonctionnaire ou agent se trouve dans la colonie au moment où l'enquête est décidée, il est appelé à comparaître devant la commission locale.

VIII. — Si le fonctionnaire ou agent incriminé se trouve en France au moment où l'enquête est décidée, il est, en principe, appelé à comparaître devant la commission de Paris; toutefois, s'il en fait la demande dans un délai de quinze jours, ou si les circonstances le nécessitent, le ministre peut décider son renvoi devant la commission siégeant dans la colonie.

IX. — Si l'intérêt public l'exige, le gouvernement général, ou le gouverneur, peut interdire à un fonctionnaire ou agent du service de la télégraphie sans fil l'exercice de ses fonctions. L'affaire doit être soumise à la commission d'enquête, prévue au paragraphe 5 du présent article, dans un délai de deux mois.

Positions du personnel définitivement classé.

ART. 17. — Les positions du personnel définitivement classé sont :

L'activité comprenant :

La présence à son poste;

La mise en service détaché;

Les congés et missions;

La suspension de fonctions;

La disponibilité.

I. — Les allocations attribuées aux agents présents à leur poste, en congé, en mission ou suspendus de leurs fonctions, sont réglées conformément aux prescriptions du présent décret, qui se réfère au décret sur la solde, sauf en ce qui concerne la disposition ci-après.

II. — L'agent dont l'emploi a été régulièrement supprimé dans la colonie où il est en service, doit être pourvu du premier poste de son grade susceptible de lui être attribué aux colonies après la suppression de son emploi.

III. — En attendant cette affectation, il lui est accordé, sur les fonds de la colonie dont il provient, un congé spécial à solde entière d'Europe dans la limite maximum de six mois, à partir du jour de l'entrée en jouissance dudit congé telle qu'elle est déterminée par les règlements en vigueur, avec la faculté de prolongation à demi-solde pendant six autres mois.

IV. — Si antérieurement à la suppression de son poste, l'intéressé jouissait d'un congé d'autre nature, et si, à l'expiration de ce congé, il n'a pu recevoir une autre affectation coloniale, le congé spécial est considéré, au point de vue de la durée maximum et de la solde y afférente, comme ayant commencé du jour de la notification à l'agent de la suppression de son emploi.

V. — A l'expiration des délais susvisés, à défaut d'emploi disponible pouvant être confié à l'intéressé, celui-ci est mis d'office en disponibilité, dans les conditions prévues par les règlements sur la solde du personnel colonial, sauf la dérogation suivante :

VI. — Si, à la fin de la première période de disponibilité prévue par ces règlements, il n'existe aucun emploi susceptible d'être attribué à l'intéressé, celui-ci est maintenu d'office dans la position de disponibilité, et ainsi de suite jusqu'à l'expiration

Digitized by Google

de la dernière période de disponibilité à laquelle il peut prétendre. Après quoi, il est rayé des contrôles.

VII. — *Mise en service détaché.* — Les fonctionnaires et agents du service de la télégraphie sans fil peuvent, si les convenances du service le permettent, être détachés par le ministre des Colonies dans des administrations ou services spéciaux.

Ces agents conservent leurs droits à l'avancement comme s'ils étaient restés dans leur service normal. Ils restent soumis, au point de vue disciplinaire, à l'autorité du chef du service spécial auquel ils sont attachés, lequel transmet chaque année au gouverneur et au ministre leurs notes signalétiques.

VIII. — Tous les agents en congé, en mission, en service détaché ou en disponibilité sont passibles, le cas échéant, des mesures disciplinaires prévues à l'article 16 ci-dessus.

Sortie des cadres du personnel classé.

ART. 18. — La sortie des cadres du personnel définitivement classé a lieu :

Par démission ;

Par révocation ;

Par application de l'article précédent ;

Par l'admission à la retraite pour les agents qui ont des droits à une pension ;

Par la remise à la disposition du département d'origine, en ce qui concerne le personnel détaché des cadres métropolitains.

I. *Démission.* — Les agents démissionnaires, alors qu'ils sont à leur poste, ne peuvent quitter leurs fonctions qu'après que leur démission aura été régulièrement acceptée par l'autorité qui les a nommés.

II. *Révocation.* — La révocation est prononcée par mesure disciplinaire dans les conditions fixées à l'article 16 ci-dessus et est assimilée au licenciement par mesure disciplinaire prévu par les règlements sur la solde du personnel colonial.

III. *Admission à la retraite.* — L'admission à la retraite est provoquée, le cas échéant, soit par les intéressés, soit d'office par le ministre, sur la proposition du gouverneur et conformément d'ailleurs aux règlements sur la matière.

IV. *Remise à la disposition du département d'origine.* — Les fonctionnaires détachés de cadres métropolitains (mines, ponts et chaussées, constructions navales, postes et télégraphes), ainsi que les officiers et sous-officiers, peuvent être remis à la disposition de leurs départements :

1° Sur leur demande :

a) Après un séjour de la durée réglementaire aux colonies, à moins qu'ils n'aient pris un engagement de servir aux colonies pendant une durée plus longue et sous réserve, pour le personnel militaire, de l'application des règlements en vigueur.

b) Pour raison de santé dûment justifiée, quelle que soit, dans ce dernier cas, la durée des services.

2° D'office, sur la proposition des gouverneurs :

a) Pour raison de santé, après avis du conseil supérieur de santé du ministère des Colonies, quand les agents se trouvent en France ou, dans le cas contraire, après avis du conseil de santé local approuvé par le conseil supérieur de santé du département ;

b) Pour cause de suppression d'emploi ;

c) Par mesure disciplinaire.

Les fonctionnaires et agents remis à la disposition de leur département d'origine, pour toute autre cause que par mesure disciplinaire, sont placés dans la position de congé d'expectative, de réintégration, conformément aux prescriptions des règlements sur la solde du personnel colonial.

V. *Honorariat.* — Les agents qui quittent le service colonial après quinze ans de services au minimum, peuvent obtenir par décision ministérielle, l'honorariat du grade supérieur à celui qu'ils possèdent.

ART. 19. — Toutes dispositions antérieures contraires au présent décret sont et demeurent abrogées.

ART. 20. — Le ministre des Colonies est chargé de l'exécution du présent qui sera publié au *Journal officiel* de la République française et inséré au *Bulletin des lois* et au *Bulletin officiel* du ministère des Colonies.

Arrêté abrogeant les dispositions de précédents arrêtés qui autorisent l'exportation de certains produits et objets à destination de divers pays.

Le « Journal officiel » du 20 mars 1917 publie un arrêté pris par le ministre des Finances, le 19 mars 1917, et qui interdit d'exporter ou de réexporter, même pour les pays alliés, certains produits, parmi lesquels nous citerons : accumulateurs et plaques d'accumulateurs, le cadmium sous toutes ses formes, le carbure de calcium, le cuivre, l'étain, les machines dynamo-électriques, le plomb, le mica, la micanite, etc.

Le « Journal officiel » du 4 avril 1917 p. 2671 publie un décret analogue, en date du 3 avril 1917 pris par le ministre des colonies.

Décret prohibant l'entrée des marchandises d'origine ou de provenance étrangère.

Le « Journal officiel » du 24 mars 1917 publie un décret présidentiel en date du 22 mars 1917, dont la teneur suit :

ARTICLE PREMIER. — Est prohibée l'importation en France et en Algérie, sous un régime douanier quelconque, de toute marchandise d'origine ou de provenance étrangères.

La prohibition ne s'applique pas :

Aux importations effectuées pour le compte de l'Etat ;

Aux chargements que l'on justifiera, dans la forme réglementaire, avoir été expédiés directement pour la France et l'Algérie à une date antérieure à la publication du présent décret ;

Aux marchandises déclarées pour l'entrepôt à la même date.

ART. 2. — Sur la proposition du ministre du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes, des dérogations à la prohibition pourront être autorisées par le ministre des Finances, soit à titre général, soit dans la limite de contingents, dans les conditions prévues par l'article 3 ci-après.

ART. 3. — Il est institué auprès du ministère du Commerce un comité des dérogations aux prohibitions d'entrée, composé ainsi qu'il suit :

Le président de la Commission des douanes du Sénat, ou son délégué.

Le président de la Commission du Sénat chargée de l'étude de l'organisation économique du pays, ou son délégué.

Le président de la Commission des douanes de la Chambre des députés, ou son délégué.

Le président de la Commission du commerce et de l'industrie de la Chambre des députés, ou son délégué.

Le directeur général des douanes, ou son délégué.

Deux représentants du ministère du Commerce.

Un représentant du ministère des Affaires étrangères.

Un représentant du ministère de l'Agriculture.

Un représentant du ministère de l'Armement et des Fabrications de guerre.

Un représentant du ministère des Finances.

Un représentant du ministère de la Guerre.

Un représentant du ministère de l'Intérieur.

Un représentant du ministère de la Marine.

Un représentant du ministère du Ravitaillement général et des Transports maritimes.

Un représentant du ministère des Travaux publics et des Transports.

Deux membres du Comité consultatif des Arts et Manufactures.

Deux membres du Conseil supérieur de l'agriculture.

Deux délégués de la Chambre de commerce de Paris.

Ce Comité établit et soumet à l'approbation du ministre du Commerce :

1° Les propositions de dérogation générale pour certaines marchandises ;

2° Le contingent trimestriel des importations pour des produits déterminés, par espèce et provenance ;

3° Pour chaque contingent, un plan de répartition entre les divers groupements industriels ou commerciaux au prorata de leurs besoins indispensables.

ART. 4. — Un secrétaire général, nommé par arrêté du ministre du Commerce, prépare les décisions et en assure l'exécution.

ART. 5. — A titre de participation aux frais de fonctionnement du comité et par application des dispositions de l'article 7 de la loi du 28 septembre 1916, les demandes d'importation donneront lieu à la perception d'une redevance dont le tarif sera fixé par un décret spécial.

ART. 6. — Le président du Conseil, ministre des Affaires étrangères, les ministres du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes, de l'Agriculture, de l'Intérieur et des Finances sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret.

Le « Journal officiel » du 27 mars 1917 publie un arrêté en date du 24 mars, nommant les membres du Comité des dérogations aux prohibitions d'entrée ; parmi ces noms, nous relevons celui de M. Harlé, l'industriel bien connu, membre du Comité consultatif des Arts et Manufactures.

Digitized by Google

Décision relative aux autorisations d'importation antérieures au 1er novembre 1916.

Le « Journal officiel » du 2 avril 1917 publie, p. 2 630, la décision suivante du ministre de l'Armement et des Fabrications de guerre :

Par décision du ministre de l'Armement et des Fabrications de guerre, en date du 30 mars 1917 et sous le n° 92 O G P, « les autorisations d'importation délivrées par la Commission interministérielle des bois et métaux et des fabrications de guerre antérieurement au 1er novembre 1916 sont périmées.

Toutefois, les autorisations pour lesquelles il sera justifié, avant le 15 avril 1917, au secrétariat de la Commission qu'un contrat régulier d'achat antérieur a été passé seront renouvelées.

Décret approuvant une majoration temporaire des tarifs perçus par la Compagnie des tramways d'Eure-et-Loir.

Le « Journal officiel » du 30 mars 1917 publie, p. 2 515, un décret pris le 23 mars 1917 par le ministre des Travaux publics autorisant la Compagnie des tramways d'Eure-et-Loir à élever leurs tarifs pendant la durée de la guerre augmentée d'une période d'une année au maximum.

Arrêté relatif aux frais de contrôle dus à l'Etat par les entrepreneurs de distribution d'énergie électrique.

Le « Journal officiel » du 5 avril 1917 publie, p. 2 688, l'arrêté suivant pris en date du 2 avril 1917 par le ministre des Travaux publics et des Transports :

Les frais de contrôle dus à l'Etat par les entrepreneurs de distribution d'énergie électrique, établies en vertu de permissions ou de concessions, sont fixés, pour l'année 1917, à 10 fr par kilomètre de ligne pour les distributions soumises au contrôle exclusif de l'Etat et à 5 fr par kilomètre de ligne pour les distributions soumises au contrôle des municipalités, sous l'autorité du ministre des Travaux publics et des Transports.

ERRATUM DU NUMÉRO DU 31 MARS

Dans l'article : « Note sur les conditions à remplir au point de vue des coups de bélier par les régulateurs des moteurs hydrauliques », par le comte de Sparre :

Page 483, 1re colonne, ligne 4 par en bas, lire :

$$\xi_{n-1}^{(1)} \text{ au lieu de } \xi_{n-1}.$$

Page 484, 2e colonne, ligne 15 par en bas, lire :

$$b \text{ au lieu de } b_0.$$

Page 484, 2e colonne, ligne 3 par en bas, lire :

$$\lambda_0, \lambda_1, \lambda_2 \ldots\ldots \lambda_n \text{ au lieu de } \lambda_0, \lambda_1, \lambda_2, \lambda_n.$$

Page 485, 1re colonne, ligne 4, lire :

$$\lambda_n = \frac{1}{\rho} - \theta\,(b_1 + b_2 + \ldots\ldots + b_n), \text{ au lieu de :}$$

$$\lambda_n = \frac{1}{\rho} - \theta\,(b_1 + b_2 + \cdots + b_n).$$

Page 485, 2e colonne, ligne 7, lire : $g = 10$, au lieu de : $g = 20$.

Page 485, 2e colonne, ligne 8, lire : $\xi_m = 20$, au lieu de : $10\,\xi_m = 20$.

Page 485, 2e colonne, ligne 10, lire :

$$\frac{1}{9}, \text{ au lieu de : } \frac{1}{q}.$$

Page 485, 2e colonne, ligne 12, lire : $\frac{9\theta}{2}$, au lieu de : $\frac{q\theta}{2}$.

Page 485, 2e colonne, ligne 19, lire :

$$b_q\theta = \frac{1}{9}\left(\frac{8}{9}\right)^4 = 0{,}06937$$

au lieu de :

$$b_q\theta = \frac{1}{9} \qquad \left(\frac{8}{9}\right)^4 = 0{,}06937.$$

Page 486, 1re colonne, ligne 5, lire : 20,6 s, au lieu de : 206 s.

Page 486, 2e colonne, ligne 5, lire :

$$\lambda_n = \frac{1+\rho}{\rho}\left(\frac{2p}{2p+1}\right)^n - \frac{1}{\rho}$$

au lieu de :

$$\lambda_n = \frac{1+\varphi}{\rho}\left(\frac{2p}{2p+1}\right)^n - \frac{1}{\rho}.$$

Page 487, 2e colonne, ligne 12, lire : $\xi = \frac{y_0}{p} = \xi_m$

au lieu de : $\xi = \frac{y_0}{p} = \xi_m$.

Page 489, 2e colonne, ligne 19, lire :

$$\xi_{n+1} = \frac{y_0}{p}\left(1 - \frac{1-\rho\lambda_n}{1+\rho\lambda_{n+1}}\right) + \frac{(1-\rho\lambda_n)(1-\rho\lambda_{n-1})}{(1+\rho\lambda_{n+1})(1+\rho\lambda_n)}\,\xi_{n-1}$$

au lieu de :

$$\xi_{n+1} = \frac{y_0}{p}\left(1 - \frac{1-\rho\lambda_n}{1+\rho\lambda_{n+1}}\right) + \frac{(1-\rho\lambda_n)(1-\rho\lambda_{n-1})}{(1+\rho\lambda_{n+1})(1+\rho\lambda_n)}\,\xi_{n+1}.$$

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Qrgane de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

1re Année. — Tome I. — N° 16. — 21 Avril 1917.

Chronique. — Nos collaborateurs : M. Emile Girardeau. — A propos de la « Documentation » de la R. G. E., p. 601 et 602.

Section scientifique et technique. — Les laboratoires de recherches, p. 603. — Sur l'équation de la décharge disruptive et la possibilité de trois sortes de potentiels explosifs, par Ch.-Eug. Guye, p. 610. — Revues, analyses et informations : Les connexions des instruments de mesure, p. 612 ; Système duplex de radiotélégraphie, p. 614.

Section industrielle. — Organisation moderne d'une entreprise de construction de petit matériel électrique (*suite et fin*), par Emile Girardeau, p. 613. — La deuxième Foire de Lyon, p. 629.

Section économique et financière. — Les nouvelles lignes de chemins de fer et l'industrie électrique en Russie, par J. Vichniak, p. 633. — Assemblées générales : Société française de chaleur et lumière, p. 638 ; Société des tramways d'Amiens, p. 638. — Revues, analyses et informations : Chambres de Commerce, p. 639 ; Relèvement des tarifs d'électricité à Dijon, p. 639 ; L'avance de l'heure et les entreprises de production de l'électricité en Suisse, p. 640 ; L'interdiction du travail de nuit et les fours électriques de boulangerie et de pâtisserie en Suisse, p. 640.

Nos collaborateurs : M. Emile Girardeau. — M. Emile Girardeau est l'auteur de l'étude que publie la

M. Émile Girardeau.

R. G. E. sur l' « organisation moderne d'une entreprise de construction de petit matériel électrique ». Il est d'autant plus qualifié pour traiter ce sujet qu'il est l'organisateur de la Société de construction électrique « Paris-Rhône », où il a réalisé avec grand succès une application exacte des procédés de direction exposés dans son article.

M. E. Girardeau, ancien élève de l'Ecole polytechnique, s'est tout d'abord occupé d'automobilisme. On lui doit un ouvrage important sur les « Automobiles industrielles », paru en 1910, où la question des applications des automobiles à la guerre est traitée avec une remarquable faculté de vision de l'avenir.

Depuis 1908, il consacre son activité à la télégraphie sans fil. En 1910, il a fondé la Société française radioélectrique dont il est l'administrateur-directeur. Sous sa direction, cette société a établi de nombreuses stations de télégraphie sans fil dans plus de vingt nations, les mettant ainsi à même d'apprécier la science de l'industrie française.

Ces travaux, particulièrement délicats, ont cependant laissé à M. Girardeau le temps de rédiger plusieurs études, ainsi que diverses communications à des sociétés techniques françaises et étrangères. Nous le remercions d'avoir bien voulu, avec une largeur d'esprit qu'on appréciera, décrire au grand jour une organisation consacrée par la pratique.

A propos de la « Documentation » de la R. G. E. — Si l'on en juge par le nombre des lettres qui nous ont déjà été adressées au sujet du fascicule annexé à la R. G. E. sous le titre de « Documentation », beaucoup de nos lecteurs s'intéressent particulièrement à cette partie de notre Revue. De l'ensemble de ces lettres, ainsi d'ailleurs que des conversations se rapportant au même

Digitized by Google

sujet, se dégagent plusieurs problèmes que nous croyons utile de signaler ici en priant les lecteurs de nous aider à les solutionner.

I. Tirage a part de la « Documentation ». — En faisant imprimer les brèves analyses constituant la « Documentation » uniquement au recto des pages, nous avons donné satisfaction aussi bien à ceux qui veulent conserver les fascicules intacts pour les faire relier ensemble qu'à ceux qui désirent les découper pour constituer un répertoire sur fiches méthodiquement classées. Mais quelques lecteurs voudraient avoir à la fois une collection des fascicules complets et un répertoire sur fiches ; ils nous demandent, dans ce double but, de tirer à part un certain nombre d'exemplaires des fascicules de la « Documentation » et de leur en adresser un exemplaire.

Nous avions prévu cette demande et envisagé la possibilité de la mise en vente de fascicules séparés de la « Documentation ». Après étude, nous avons reconnu qu'il en résulterait des complications assez grandes dans le service des expéditions et que, d'autre part, les dépenses supplémentaires de tirage, de papier et d'envoi nous mettraient dans l'obligation de vendre ces tirés à part un prix assez élevé. Nous avions donc conclu à l'inutilité de tirages à part, estimant que les bibliothèques, sociétés ou particuliers voulant constituer à la fois une collection et un répertoire sur fiches ne reculeraient pas devant la dépense d'un double abonnement.

Toutefois, désirant avant tout être utiles à nos lecteurs, nous sommes prêts à examiner de nouveau la question si le nombre des demandes de tirés à part est suffisamment grand. Aussi, à notre tour, posons-nous une question à nos lecteurs : quels sont ceux qui, désireux d'avoir à la fois une collection complète de la Revue et un répertoire sur fiches, voudraient recevoir un deuxième exemplaire du fascicule de la « Documentation » ?

II. Classification. — En exposant les principes de la classification décimale (numéro du 13 janvier, page 10 du fascicule « Documentation »), nous avons dit que ce n'était qu'après examen approfondi que nous nous étions décidés à l'adopter, malgré certains inconvénients dont le nombre est la longueur des numéros classificateurs. Aussi, avons-nous été heureux d'apprendre, par les lettres qui nous ont été adressées, que d'assez nombreux lecteurs se servaient déjà de cette classification et que, sans méconnaître les quelques inconvénients signalés, ils avaient trouvé en elle une méthode sûre et rapide de classement de leurs documents.

D'autres lecteurs, voulant appliquer cette classification aux documents qu'ils possèdent ou qu'ils reçoivent journellement, nous ont demandé comment ils pourraient se procurer le « Manuel du répertoire bibliographique universel », où elle est exposée dans tous ses détails. Nous n'avons pu que répondre : Ce Manuel ayant été édité à Bruxelles, et les quelques exemplaires que possédait le Bureau bibliographique de Paris au début des hostilités ayant trouvé preneurs, il est impossible de se procurer actuellement ce Manuel ; on peut toutefois le consulter dans diverses bibliothèques et, en particulier, au Bureau bibliographique de Paris.

Nous nous proposons d'ailleurs de publier, avec l'aide de ce Bureau, un Manuel abrégé se rapportant à l'électricité et à ses applications. Mais, ainsi que nous l'avons déjà dit, la mise au point de ce travail ne peut être effectuée que quand les communications avec Bruxelles seront rétablies.

Ajoutons que, malgré le soin apporté à la recherche de la vérification des nombres classificateurs des analyses publiées dans la « Documentation », plusieurs erreurs s'y sont glissées. Les unes proviennent de fautes typographiques, telles qu'inversions de chiffres au moment de la mise sous presse ; elles peuvent être assez facilement corrigées par le lecteur en comparant les nombres classificateurs d'analyses se rapportant à un même sujet. Les autres résultent d'une mauvaise interprétation du titre au sujet à classer ; elles sont plus difficiles à déceler, mais sont, fort heureusement, les plus rares. Ces erreurs nous sont d'ailleurs régulièrement signalées par le Bureau bibliographique de Paris et feront l'objet d'errata qui paraîtront dans un prochain numéro.

III. Tables des matières. — Quelques lecteurs nous ont demandé d'établir une table des matières insérées dans les fascicules de la « Documentation ». Nous ne leur avons pas caché que cela nous paraissait bien difficile, le nombre des analyses publiées chaque année dans cette partie du journal devant atteindre 5 000 à 6 000 pour le moins, ce qui forcerait à donner aux tables annuelles une étendue qui les rendrait peu commodes à consulter. Le classement sur fiches nous paraît d'ailleurs rendre absolument inutile cette publication. Toutefois, nous examinerons avec soin toute suggestion qui nous sera faite à ce sujet.

D'autres lecteurs se sont préoccupés de savoir si les tables des matières insérées dans le fascicule principal de la Revue seraient établies suivant la classification décimale. Sur ce point il nous sera possible de leur donner satisfaction, car, ainsi qu'ils l'ont sans doute remarqué, toutes les matières publiées dans ce fascicule sont également signalées avec leurs numéros classificateurs, dans la « Documentation ».

Enfin, il nous a été demandé si la R. G. E. établirait des tables générales comme celle qui fut publiée en 1901 pour les 25 premiers volumes de « L'Éclairage électrique » parus de 1894 à 1900 ; en outre, diverses personnes ont exprimé le désir que semblables tables fussent établies pour les volumes de « L'Eclairage électrique » et de « La Lumière électrique » parus de 1900 à 1917 et pour ceux de « La Revue électrique » de 1904 à 1917. Sur le premier point nous pouvons répondre affirmativement ; nous désirerions en faire autant pour le second, car nous reconnaissons tout l'intérêt que présenterait, pour la documentation de nos ingénieurs et de nos savants, l'établissement de tables renfermant tout ce qui a été publié en France depuis 17 ans sur l'électricité. Malheureusement l'expérience des tables des 25 premiers volumes de « L'Eclairage électrique » a montré qu'une publication de ce genre est loin d'être rémunératrice pour l'éditeur qui l'entreprend. Elle ne saurait donc être entreprise par la R. G. E. que si de puissants concours financiers lui venaient en aide.

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

Les laboratoires de recherches

Il est un fait connu de tous les industriels que les laboratoires nationaux anglais, américains et allemands ont rendu des services exceptionnels aux industries de ces pays. Jusqu'ici rien de semblable n'avait été fait en France. L'Académie des Sciences, puis la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale ont pris en main cette très importante question. Nous donnons dans l'article ci-dessous le mémoire de M. le général Sebert et le rapport de M. Le Chatelier présentés le premier à la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, le second à l'Académie des Sciences.

Lors de la publication, dans le numéro du 17 février, p. 243, du rapport de M. Janet sur « les travaux et le rôle scientifique international du Laboratoire central d'électricité », nous rappelions que l'Académie des Sciences, sur l'initiative de M. H. Le Chatelier, avait envisagé la création d'un Laboratoire national de recherche scientifique destiné à rendre à notre industrie les services que les industries allemande, anglaise et américaine demandent à leurs laboratoires nationaux : le Physikalische Technische Reichsanstalt, le National Physical Laboratory et le Bureau of Standards.

La Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale vient, sur la proposition de M. le général Sebert, de mettre la même question à l'ordre du jour de ses travaux et décider l'ouverture d'une enquête « sur la situation occupée en France par les établissements de recherches et d'expériences et sur le rôle que ceux-ci jouent ou pourraient jouer dans le développement de notre industrie ».

A ce moment où les études d'ordre économique prennent le pas sur celles d'ordre purement technique, il nous a paru que la « Revue générale de l'Électricité » devait profiter de cette enquête pour mettre ses lecteurs au courant de la question des laboratoires, bien que, par son envergure, elle dépasse de beaucoup les limites du domaine de l'électricité.

C'est dans cet esprit que nous reproduisons ci-dessous, d'abord le mémoire du général Sebert à la Société d'Encouragement, qui nous fait connaître les divers laboratoires de recherches actuellement existant en France, puis le rapport de M. Le Chatelier à l'Académie des Sciences, où sont exposées les grandes lignes du projet de création d'un Laboratoire de recherche scientifique.

Ainsi qu'on le verra par la lecture du mémoire du général Sebert les laboratoires de recherche scientifique sont nombreux en France. Aux laboratoires des établissements d'enseignement supérieur des Universités viennent s'ajouter ceux de beaucoup d'autres établissements d'enseignement, officiels ou libres, ceux des administrations d'État qui ont à créer ou à construire du matériel ou à en surveiller la création, ceux aussi des grandes sociétés industrielles et des grandes entreprises de transport. Mais tous ces laboratoires ne peuvent, en principe, s'occuper que de questions déterminées, rentrant dans leurs attributions et pour l'étude desquelles des crédits leur sont accordés. Beaucoup d'ailleurs doivent se limiter à des essais et ce n'est qu'exceptionnellement qu'ils se consacrent à la recherche scientifique proprement dite.

A côté de ces laboratoires appartenant à un établissement, une administration ou une entreprise déterminée existent une foule d'autres laboratoires qui font essais pour le public : le Laboratoire central d'électricité en est l'exemple le plus saillant, et nos lecteurs savent que des recherches scientifiques très importantes y ont été et y sont entreprises.

Mais ces divers laboratoires, si nombreux et si bien outillés qu'ils soient, ne sauraient prétendre remplir le rôle pour lequel ont été créés les grands laboratoires nationaux d'Allemagne, d'Angleterre et des États-Unis. Et cependant, non moins que ces pays, la France a besoin d'un Laboratoire national de recherches pour le développement de son industrie. Il faut donc l'y créer.

C'est ce que fait ressortir M. H. Le Chatelier dans son rapport à l'Académie des Sciences, où se trouve en outre exposée l'organisation d'un tel laboratoire.

Cette création implique-t-elle nécessairement la suppression des recherches d'ordre scientifique dans la plupart des laboratoires qui jusqu'ici s'y livraient occasionnellement ? L'Académie ne l'a pas pensé et, dans le vœu qu'elle a formulé à la suite de la discussion du rapport de M. Le Chatelier, elle a nettement envisagé la possibilité de rattacher certains de ces laboratoires au grand Laboratoire national projeté. Il importe peu, en effet, que tous les services de celui-ci soient ou non rassemblés dans les mêmes bâtiments ; ce qui est beaucoup plus important, c'est que l'ensemble de ces services soit soumis à la même direction. Et, si nous sommes bien renseigné, c'est dans ce sens qu'est actuellement étudiée l'organisation de notre futur Laboratoire national. Le Laboratoire central d'Électricité pourrait donc, dans ces conditions, devenir un des organes importants du Laboratoire national pour toutes les recherches du domaine de l'électricité.

Digitized by Google

Les industries mécaniques, physiques on chimiques ne sont d'ailleurs pas les seules sources de richesses nationales qui ont besoin de laboratoires pour se développer. L'agriculture, qui n'a cessé d'être depuis Sully une des « mamelles de la France », en a un besoin d'autant plus urgent qu'il faut à tout prix l'industrialiser si nous voulons augmenter son rendement. C'est ce qu'a établi M. Tisserand dans un remarquable rapport à l'Académie des Sciences, qui en a adopté les conclusions. Malgré son intérêt général, nous n'avons pas cru toutefois reproduire ce rapport, les questions qui y sont envisagées s'écartant trop de celles qu'il est d'usage de traiter dans les revues électrotechniques; nous ne faisons donc que le signaler.

Ajoutons que, malgré qu'ils possèdent des laboratoires nationaux, les Anglais et les Américains ne cessent de s'occuper des moyens susceptibles de développer et de favoriser les recherches scientifiques en vue d'applications industrielles. Il suffit, pour s'en convaincre, de lire leurs revues techniques.

I. — APERÇU HISTORIQUE SUR LES LABORATOIRES DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES EXISTANT EN FRANCE MESURES A PRENDRE POUR LES MIEUX UTILISER (1)

On distingue habituellement trois sortes de laboratoires d'expériences, d'après leur destination d'origine, savoir : les laboratoires d'enseignement, les laboratoires d'essais techniques et d'épreuves de fabrication ou de réception et les laboratoires de recherches scientifiques, mais on peut dire que les laboratoires des deux premières catégories sont toujours amenés forcément à s'occuper de recherches scientifiques, se rattachant aux branches des applications des sciences, en vue desquelles ils sont spécialement organisés et l'on peut dire aussi, d'autre part, que les laboratoires, destinés à des recherches scientifiques, pour satisfaire à leur mission, doivent être organisés pour pouvoir faire tous les essais techniques qui se rattachent aux branches de sciences qui les concernent.

On peut, enfin, ajouter que les laboratoires de recherches techniques ne peuvent convenablement remplir leur mission, s'ils ne sont pas pourvus de tous les moyens d'effectuer les essais divers qui se rattachent aux applications des branches de sciences qu'ils ont spécialement à envisager.

On aura à tenir compte de ces considérations dans l'examen des renseignements qui suivent et qui sont relatifs aux conditions d'organisation des principaux laboratoires d'expérience existant en France.

Les laboratoires d'enseignement qui servent à la préparation des cours et aussi au développement de l'instruction personnelle des élèves, dans les différentes branches des sciences, peuvent servir, par extension, à des recherches se rapportant au développement de ces branches spéciales de sciences ou de leurs applications.

Ils existent, en France, non seulement dans les établissements d'enseignement supérieur des universités, mais encore dans beaucoup d'autres établissements d'enseignement, officiels ou libres, ainsi que dans beaucoup d'écoles d'enseignement professionnel et technique, et notamment au Conservatoire national des Arts et Métiers.

Les laboratoires de recherches, pour les applications des sciences, sont le complément obligé de toutes les administrations d'Etat qui ont à créer ou à construire du matériel ou tout au moins à surveiller l'exécution de constructions faites pour le compte de l'Etat en vue de services publics et soumises à son contrôle.

C'est dans ces laboratoires, qui sont souvent mis à la disposition de Commissions d'expériences ou de services spéciaux, disposant de bureaux d'études, que se font les essais et les recherches pour la création du nouveau matériel que les divers services de l'Etat peuvent être appelés à réaliser.

Nous ne pourrons entrer que dans peu de détails sur ces laboratoires d'Etat.

Les premiers laboratoires de l'espèce ont été créés et organisés, en même temps que les Commissions d'expériences spéciales de ces services, pour les services militaires de l'artillerie de terre et de mer, ainsi que pour les services du génie militaire et celui des poudres et salpêtres et des explosifs.

Ces établissements ont subi, avec le temps, des développements et des transformations imposés par les progrès de la technique militaire. Des organisations nouvelles analogues ont dû être réalisées aussi, pour les services de l'armée dont la création et le développement ont été provoqués par des découvertes nouvelles ou par les perfectionnements de l'art de la guerre.

C'est ainsi qu'aujourd'hui les services de l'aéronautique et celui des torpilles, comme ceux de la pyrotechnie et le service du matériel chimique de l'armée, tout récemment créés, ont également leurs laboratoires de recherches.

C'est grâce aux travaux de tous ces établissements, effectués avec la discrétion toujours imposée à tous les services militaires de *la grande muette*, qu'ont pu être, avant la guerre actuelle, établis les types du matériel puissant dont nous ne voyons qu'aujourd'hui seulement les manifestations, parce que la possibilité d'en réaliser la création n'avait pas été donnée, en temps utile, pendant la paix, aux services compétents, rendus responsables souvent, mais à tort, devant l'opinion.

Ce sont aussi ces établissements qui ont donné, à la Commission des Inventions intéressant la Défense nationale, aujourd'hui réorganisée dans ce but, et dont la direction a été confiée au ministère de l'Instruction publique (1), les moyens de réaliser, dans chaque branche des services constructeurs, la mise au point et la création des engins de guerre nouveaux, dus au génie inventif français.

Il serait injuste d'omettre de signaler, dans le même ordre d'idées, l'existence parallèle des établissements semblables : bureaux d'études, laboratoires et services d'expériences et de recherches, qu'entretiennent aussi, à grands frais, les établissements industriels, ainsi que les sociétés qui s'occupent de la construction du matériel de guerre et qui ont pu apporter ainsi leur concours à l'Etat et à la

(1) Mémoire de M. le général SEBERT, membre de l'Institut, *Bulletin de la Société d'Encouragement*, février 1917, t. CXXVII, p. 47-54.

(1) Ce mémoire a été rédigé à la date du 18 novembre 1916, avant la création du ministère de l'Armement et des Fabrications de guerre, auquel a été rattachée depuis la Commission des Inventions intéressant la Défense nationale.

Digitized by Google

Commission des Inventions pour le développement de ce matériel.

A cette catégorie doivent encore se rattacher les laboratoires et les bureaux d'études qu'entretiennent, tant en vue de la construction et de l'entretien de leur matériel, que de l'étude des nouveaux types de ce matériel, les grandes entreprises de transport, chemins de fer, tramways et omnibus. On sait que ces établissements, par les puissants moyens dont ils disposent, ont pu apporter également un utile concours à la Défense nationale.

Il y a lieu de mentionner enfin, dans le même ordre d'idées, les laboratoires d'essais ou de recherches, créés spécialement par des particuliers ou des institutions particulières, dans des buts déterminés, comme le laboratoire de l'Automobile Club, celui de M. Eiffel et celui de M. de Guiche pour l'étude de la résistance de l'air, et encore les divers laboratoires, pour essais et recherches métallurgiques, créés par l'Institut électrotechnique de Grenoble.

Dans un autre ordre de sciences, il faut tenir compte de l'existence des nombreux laboratoires spéciaux qui se rattachent aux stations agronomiques et parmi lesquels il convient de citer le laboratoire du Comité français d'essais de culture mécanique, sans omettre aussi les laboratoires d'essais des textiles et les laboratoires d'essais des produits alimentaires ou de recherches des fraudes ou des falsifications, etc.

Tous ces laboratoires, dépendant de services spéciaux ou d'établissements particuliers, ne peuvent, en principe, s'occuper que de questions déterminées, rentrant dans leurs attributions et pour l'étude desquelles des crédits leur sont accordés, mais la plupart d'entre eux sont utilisés pour les essais de matériaux et les épreuves de réception des machines et appareils qui intéressent les services ou établissements dont ils dépendent. Ils font, par suite, aussi partie de la catégorie des laboratoires d'essais dont il nous reste à parler.

D'autres laboratoires analogues, c'est-à-dire appartenant à des services particuliers, ont été créés également auprès des principales administrations publiques de notre pays, en vue des essais ou des recherches spéciales qu'ont à faire ces administrations, mais ces laboratoires appartiennent presque exclusivement à la catégorie des laboratoires d'essais.

Tels sont notamment ceux qui ont été créés auprès de l'École des Mines et de l'École des Ponts et Chaussées, mais en dehors des travaux qu'ils peuvent avoir à exécuter pour le service spécial de ces établissements et des recherches scientifiques auxquelles ils peuvent exceptionnellement être employés, ils peuvent aussi être autorisés à effectuer des essais pour le public, soit à titre gratuit, dans certains cas déterminés, soit à titre onéreux, contre remboursement des frais d'après des tarifs établis par des règlements spéciaux.

En dehors de ces laboratoires dont les ressources sont limitées et les compétences restreintes, qui peuvent être mis à la disposition du public et des industriels du pays, il a été, depuis longtemps, trouvé nécessaire de réaliser, en France, la création de laboratoires généraux d'essais, pouvant entreprendre toutes les catégories d'épreuves dont les constructeurs ou les industriels peuvent avoir besoin tant pour assurer la bonne exécution de leurs fabrications que pour faire constater la qualité des matériaux qu'ils ont eu à employer ou encore pour faire contrôler, en cas de contestations, les résultats des épreuves de recette des livraisons qu'ils ont eu à effectuer.

Ce doit être là le rôle de laboratoires ayant un caractère officiel et pouvant être créés spécialement dans ce but.

Depuis longtemps des créations de ce genre ont été faites dans notre pays, à la demande ou sur l'initiative des Chambres de commerce ou à l'instigation d'associations d'industriels ne possédant pas, par eux-mêmes, les moyens de vérifier les qualités des matières qu'ils ont à employer ou des produits qu'ils ont à fabriquer, ou encore n'ayant pas la possibilité de procéder à des opérations de recette ou de contrôle qui leur sont imposées.

Ces créations n'ont été demandées, à l'origine, que pour des besoins limités et bien déterminés.

Elles ont été provoquées surtout, d'abord pour permettre de satisfaire aux exigences du fisc et de la douane et c'est ainsi qu'ont été créés les laboratoires d'essais de l'administration des douanes et ceux de l'administration des contributions directes et les services divers, analogues à ces laboratoires, dépendant du ministère des Finances, dont nous ne donnerons pas l'énumération.

Mais, à mesure que se développait l'industrie, dans notre pays, le besoin se faisait sentir, pour les petits industriels, devenus de plus en plus nombreux, de pouvoir recourir à des établissements spéciaux en mesure d'exécuter, pour eux les essais de vérification, de recette ou de contrôle, dont ils pouvaient avoir besoin.

Comme à l'ordinaire en France, c'est à l'État que l'on croyait devoir s'adresser pour obtenir la création de ces laboratoires d'essais, destinés à être mis à la disposition du public et, comme à l'ordinaire aussi, en présence des retards apportés par les pouvoirs publics, pour donner satisfaction à ces demandes, des entreprises particulières se chargèrent de créer des laboratoires privés, dont ils offrirent, moyennant salaires, les services aux industriels embarrassés.

Le développement donné à la technique des essais de résistance des matériaux et la propagande faite au sujet de l'utilité de ces essais et pour leur vulgarisation par l'Association internationale pour l'essai des matériaux contribuèrent surtout à la création d'établissements de ce genre.

Mais, la plupart de ceux-ci, ne disposant que de ressources trop limitées, ne purent pas prendre, dans notre pays, la place que des laboratoires semblables avaient réussi à occuper dans d'autres pays et notamment en Angleterre.

Ceux de ces laboratoires, qui se chargeaient d'effectuer des essais de matériaux qui exigent l'emploi de machines coûteuses, ont presque tous disparu, et il ne subsiste guère en service que des laboratoires de chimie et d'analyses.

Cette situation faisait ressortir, de plus en plus, le besoin de la création de laboratoires d'essais pouvant compter sur l'appui des administrations de l'État et sur celui d'associations ayant une existence assurée.

Le développement rapide pris par l'industrie électrique, dans ces dernières années, était venu d'ailleurs créer de nouveaux besoins.

L'exposition internationale d'Électricité, organisée, en 1881, par les soins du ministère des Postes et Télégraphes, alors dirigé par M. Cochery, avait appelé l'attention publique sur cette nouvelle industrie et sur les mesures à prendre pour en assurer la prospérité en France.

Le comité de garantie, qui s'était formé pour prémunir l'État contre un insuccès possible de l'exposition, avait, à la suite des brillants résultats qu'elle avait obtenus, mis à la disposition du ministère les 300 000 fr environ de reliquat qu'avait laissés l'entreprise, et il avait demandé d'appliquer cette somme à la fondation d'un laboratoire central d'électricité qui serait destiné à étudier toutes les questions scientifiques et industrielles se rapportant à l'électricité.

Ce laboratoire, dont la fondation avait été cependant décrétée, en conséquence, dès le 21 février 1882, ne fut mis

Digitized by Google

réellement en fonctionnement qu'en 1886, et cela grâce au concours de la Société des électriciens, dont la création avait été provoquée par le succès de l'Exposition d'électricité et qui, à la suite des démarches faites surtout par son dévoué président M. Mascard, avait pu réunir les moyens de venir en aide à la création du laboratoire central.

La Société put prendre l'engagement d'assurer l'installation et le fonctionnement de l'établissement, et mettre encore à sa disposition, pour en assurer la mise en marche, une nouvelle somme de plus de 300 000 fr, due à des subventions privées. Des conventions signées, aux dates du 12 juillet et 17 août 1886, avec le ministère des Postes et Télégraphes et la Ville de Paris, vinrent consacrer la création officielle du Laboratoire central d'Électricité.

Ce laboratoire fut provisoirement installé dans un local mis à la disposition de la Société par MM. Menier, rue Saint-Charles, à Grenelle, mais, en l'année 1892, il put être transféré dans des bâtiments spéciaux, construits pour lui, rue de Staël, sur des terrains qui furent mis, pour cinquante ans, à la disposition de la Société des Électriciens par la Ville de Paris, à la suite de nouvelles démarches de M. Mascart.

De nouvelles souscriptions, provoquées encore par la Société des Électriciens, qui entretient à côté du Laboratoire une École supérieure d'Électricité, justement renommée et dont la présence contribue à son bon fonctionnement, sont venues encore accroître les ressources de l'établissement et en assurer l'existence.

Il a eu d'ailleurs à effectuer d'importants travaux et de nombreux essais rétribués, demandés non seulement par des industriels et des particuliers, mais aussi par les différents ministères, et notamment par ceux de la Guerre et de la Marine, et celui des Postes, Télégraphes et Téléphones.

Le nombre des essais exécutés annuellement pour le public a toujours été en croissant, et il dépassait déjà 1 200 en 1912.

D'autre part, malgré l'exiguïté relative de ses ressources, le Laboratoire a pu entreprendre un grand nombre de recherches, des plus importantes, tant dans l'ordre industriel que dans l'ordre scientifique, et il a pu en publier les résultats dans des mémoires constituant déjà trois gros volumes.

A l'exemple de la Société des Électriciens, la Société française de photographie, qui avait aussi à se préoccuper des besoins spéciaux de l'industrie de la photographie, dont les développements ont été également rapides et importants, dans ces dernières années, avait été amenée à créer un laboratoire spécial d'essais et de recherches, s'appliquant tant à l'ensemble des questions concernant les sciences photographiques qu'à la construction des appareils et notamment de ceux d'optique photographique.

Elle a eu même l'ambition d'annexer à ce laboratoire une école d'enseignement photographique, et même de constituer en France un institut de photographie comme les étrangers ont entrepris déjà d'en organiser, notamment en Autriche.

Cette société a pu heureusement établir ce laboratoire d'essais et de recherches dans l'hôtel qu'elle occupe et où se trouvent des ateliers et salles de réunions et de cours, se prêtant déjà, en grande partie, à l'organisation à prévoir.

De nombreux essais ont été faits, pour le public, par ce laboratoire et des recherches scientifiques, effectuées par lui, ont été publiées en annexes au Bulletin de la Société. La guerre est venue arrêter le développement normal de cette institution, mais les moyens d'action de la Société et les ressources de son personnel ont pu être utilisés, de la façon la plus heureuse, pour la création du matériel d'observation et d'enregistrement photographique, dont font usage les services de l'Aéronautique militaire.

Les locaux et les installations, dont dispose le Laboratoire de la Société de photographie, restent d'ailleurs actuellement disponibles pour la reprise des essais et des recherches qui pourraient encore être demandés, mais on peut dire que l'importance prise, dans ces derniers temps, par les établissements qui s'occupent de l'industrie cinématographique, et les développements que ces établissements ont été amenés à donner à leurs propres installations de recherches et d'essais, laissent aujourd'hui au second plan les installations, relativement modestes, de la Société française de photographie auxquels les directeurs de ces établissements n'ont eu à recourir qu'au début.

La création du Laboratoire central d'Électricité en France fut suivie, à peu de distance, dans les grands pays étrangers : Allemagne, Angleterre, États-Unis d'Amérique, de celle de laboratoires officiels, qui n'étaient pas sans analogie avec lui, bien qu'embrassant des domaines beaucoup plus étendus.

Depuis longtemps, en effet, la question de la création de laboratoires nationaux d'essais et de recherches scientifiques était à l'ordre du jour dans ces pays, et l'on peut dire que les créations de laboratoires d'État, tels que le Laboratoire central de la Marine et celui de la Commission des substances explosives, qui avaient été réalisées, en France, à la suite de la guerre de 1870, n'étaient sans doute pas étrangères à ce mouvement, auquel devaient se rattacher aussi les essais d'organisation, au Conservatoire des Arts et Métiers, sur l'initiative du général Morin, d'un laboratoire spécial de mécanique, et la création d'un très beau laboratoire semblable, réalisée en Suisse, à Zurich.

Ces laboratoires étrangers avaient été organisés dans des conditions remarquables, en profitant de l'expérience acquise et en mettant à profit les derniers progrès de la science. L'Allemagne avait fondé le Physikalische Technische Reichsanstalt qui fut inauguré de 1892 à 1897, l'Angleterre le Physical national Laboratory en 1900, et les États-Unis le Bureau of Standards en 1903, et c'est ce dernier qui paraît présenter le type le plus perfectionné et le plus digne d'être imité aujourd'hui pour une création analogue.

La France ne pouvait rester à l'écart d'un mouvement de ce genre, après en avoir été l'initiatrice, et s'être vue devancée par des rivaux sachant profiter de son exemple et la dépasser dans la réalisation d'organisations analogues.

Par décret du 19 mai 1900, s'arrêtant à l'idée de développer, pour en améliorer le fonctionnement, le laboratoire de Mécanique, créé en 1854, par le général Morin, le Gouvernement décidait la création au Conservatoire national des Arts et Métiers d'un laboratoire d'essais mécaniques, physiques, chimiques et de machines.

Une loi et un nouveau décret, en date tous deux du 9 juillet 1901, ont fixé les bases d'organisation de cet établissement, à la suite d'une convention passée entre le ministre du Commerce et de l'Industrie, chargé alors aussi de l'administration des Postes, Télégraphes et Téléphones, le Conservatoire des Arts et Métiers et la Chambre de Commerce de Paris.

Cette organisation avait été précédée de l'envoi de missions spéciales dans les lieux mentionnés plus haut, missions qui avaient permis de recueillir des renseignements précis sur les établissements créés dans ces pays. Le Laboratoire a enfin obtenu, pour sa fondation, d'importantes subventions de sociétés intéressées à la création d'un éta-

Digitized by Google

blissement de ce genre, telles que la Société des Ingénieurs civils et la Compagnie parisienne du gaz.

Ce Laboratoire, installé dans de grands bâtiments construits spécialement dans une des cours du Conservatoire des Arts et Métiers et qui sont déjà devenus trop petits, est divisé en cinq services ou sections : physique, métaux, matériaux de construction, machines et chimie. Le décret de constitution a exclu, intentionnellement, de ses attributions l'électricité, déjà attribuée au Laboratoire central d'Electricité, créé par les décrets des 24 février 1882 et 7 décembre 1886.

On a rattaché, depuis sa création, au laboratoire du Conservatoire, le dépôt des étalons de mesure et des instruments de précision s'y rapportant, pour lesquels des locaux nouveaux ont été aussi spécialement aménagés.

Ainsi constitué, cet établissement possède des moyens d'action puissants qui lui auraient permis de joindre, aux simples essais qu'il a obligatoirement à effectuer, les recherches scientifiques, se rattachant aux différentes branches d'applications des sciences, qui sont dans son domaine, s'il avait toujours pu disposer des ressources nécessaires en hommes et en crédits.

Par suite de diverses circonstances accidentelles, le rôle du Laboratoire avait dû, peu de temps avant la guerre, rester strictement limité, faute de crédits spéciaux, à l'exécution des essais tarifés qui font l'objet de sa mission principale officielle.

Mais, récemment, la réorganisation de la Commission des Inventions intéressant la Défense nationale et le développement des travaux confiés à cette Commission ont amené la réouverture de l'établissement qui avait dû être momentanément fermé et son directeur, doté, de nouveau, de ses moyens d'action a pu donner à tous ses services une activité qui montre l'étendue de ce que peut faire ce laboratoire, dans les domaines scientifiques les plus variés.

Saisi, de son côté, au nom des services de l'armée, de questions de recherches intéressant la Défense nationale, le Laboratoire central d'Électricité est aussi, en ce moment, en pleine activité, malgré les vides existant dans son personnel, par suite de la mobilisation.

Ces résultats donnent des indications précieuses sur la marche qui peut être suivie, dans notre pays, au moins à titre provisoire, pour tirer tout le parti possible des nombreux laboratoires que nous possédons et qui sont susceptibles d'entreprendre des recherches scientifiques en les utilisant là où ils se trouvent et se contentant simplement d'établir, entre eux, une coordination sous la direction d'un organe supérieur central qui pourrait jouer, au-dessus d'eux, après le retour de la paix, le rôle directeur que les nécessités du temps de guerre ont conduit à attribuer à la Commission des Inventions, réorganisée et mise sous la direction du ministère de l'Instruction publique.

II. — RAPPORT DE M. LE CHATELIER SUR LES LABORATOIRES NATIONAUX DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES (1)

Toutes les grandes nations industrielles, à l'exception de la France, possèdent des laboratoires nationaux de recherche scientifique systématiquement orientés vers l'étude des problèmes techniques; ces laboratoires ont exercé une action féconde sur le développement économique de nos concurrents. En Angleterre, le National Physical Laboratory, créé sur l'initiative du professeur Glazebrook, son directeur actuel, de lord Rayleigh, de sir Robert Hadfield, et placé sous le contrôle de la Société royale de Londres, a pris rapidement un grand développement. En outre, depuis la guerre, le Parlement a voté une subvention annuelle dépassant 1 million de francs pour les encouragements à la recherche scientifique. Aux États-Unis, le Bureau of Standards dispose de crédits plus considérables encore. D'autre part, le ministère de l'Agriculture, à Washington, et les divers États consacrent annuellement près de 20 millions à l'entretien de laboratoires et de stations expérimentales travaillant à des recherches de science agricole. Enfin, la fameuse institution Carnegie, fondée au capital de 100 millions, a créé des centres d'études devenus célèbres par la publication de travaux scientifiques de tout premier ordre. En Allemagne, le Physikalische Reichsanstalt a été organisé sous l'impulsion de Werner Siemens; plus récemment, le Material-prüfungs-amt a pris une situation considérable sous la direction du professeur Martens : aujourd'hui enfin, la Wilhelm Gesellschaft fonde de nombreux instituts de recherche, grâce à une subvention de 50 millions versée à l'empereur par les grands industriels allemands.

La France ne peut pas continuer à se désintéresser de ce mouvement scientifique. Dans le passé, elle a pendant longtemps gardé l'initiative de toutes les études tendant à appliquer les découvertes scientifiques au progrès de l'industrie. Faut-il rappeler les travaux de Vicat, sur les ciments, point de départ de l'industrie des produits hydrauliques dans le monde entier; les recherches de céramique inaugurées par Brongniart à la Manufacture de Sèvres et si brillamment continuées par Salvetat, Ebelmen et Vogt; les études de Regnault sur les propriété de la vapeur d'eau, titre de gloire inoubliable pour les laboratoires du Collège de France, ou encore les travaux de science agronomique effectués au Conservatoire des Arts et Métiers par Boussingault et Schlœsing. Dans l'industrie privée, le laboratoire de la Compagnie parisienne du Gaz, créé sur les indications de Regnault, et dirigé successivement par Audoin et Emile Sainte-Claire Deville, nous a longtemps maintenus à la tête de tout progrès dans l'éclairage au gaz. Les recherches sur les alliages métalliques, dirigées et subventionnées par la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale sont partout citées avec honneur. Mais, aujourd'hui, tous ces centres de recherche sont en sommeil.

Des savants isolés continuent certainement à s'intéresser aux recherches de science industrielle : les travaux de MM. Mesnage, Rabut sur le ciment armé, de MM. le duc de Guiche, Eiffel sur la résistance de l'air, Frémont sur les machines-outils, etc., font grand honneur à la France, mais ce sont des initiatives individuelles; elles s'exercent en dehors de toute organisation permanente assurant la continuité des recherches et cesseront lors de la disparition de leurs auteurs.

Le rôle prépondérant des sciences expérimentales dans le développement de l'industrie est aujourd'hui un fait hors de discussion. Sans l'intervention directe de la science, il faut se contenter de copier ses voisins et d'entretenir une industrie languissante. La plupart des progrès si rapides

(1) Rapport de la Commission d'action extérieure de l'Académie des Sciences : MM. Jordan, président; Lippmann, Emile Picard, d'Arsonval, A. Lacroix, Tisserand; Le Chatelier, rapporteur. *Compte rendu*, 13 novembre 1916, t. CLXIII, p. 581-588.

Digitized by Google

de ces cinquante dernières années sont dus à l'emploi des méthodes scientifiques de travail. Le laboratoire est devenu un des organes les plus indispensables de l'usine moderne. Faute de l'avoir compris, nous nous sommes dans le passé laissé devancer par nos concurrents étrangers. Puisse cette leçon ne pas être perdue! Après la guerre, nos industriels voudront certainement rattraper le temps perdu. Mais les laboratoires d'usine ne suffisent pas; de nombreux problèmes nécessitent pour leur étude des installations plus complètes. Les laboratoires nationaux doivent répondre à ce desideratum. L'emploi de la méthode expérimentale demande souvent l'usage de procédés de mesure perfectionnés et très délicats, difficiles à introduire dans les usines particulières. D'autre part, les dépenses relatives à certaines questions d'intérêt général doivent légitimement être supportées par l'ensemble des contribuables.

Enfin, l'absence d'organisations consacrées à l'étude des problèmes d'intérêt général nous a souvent mis vis-à-vis de l'étranger dans un état d'infériorité regrettable. En 1908, lors de la Conférence de Londres, instituée en vue de la revision des étalons électriques, la France faillit être écartée des recherches internationales projetées, faute d'avoir un laboratoire national autorisé pour collaborer à ces études. Il fallut attribuer au Laboratoire de la Société internationale des Électriciens un caractère gouvernemental fictif, pour lui permettre de nous représenter utilement.

Pour la même raison, beaucoup de méthodes de mesures employées dans nos laboratoires d'essais sont d'origine étrangère. Les essais de ciment se font avec la briquette Michaëlis (Allemagne), avec la sonde Tetmajer (Hongrie), etc. On a récemment adopté, à la suite d'une entente internationale, un procédé d'essai des métaux, dit *des barreaux entaillés*, d'origine exclusivement française; mais son adoption a été votée au Congrès de Copenhague, sur le rapport d'un des directeurs des Établissements Krupp, rapport présenté au nom d'une commission d'ingénieurs allemands et appuyé sur des expériences faites au laboratoire de Gross Lichterfeld. Nous n'avions pas eu le moyen de mettre nous-mêmes cette question au point.

L'étude des procédés de mesure servant aux essais des matériaux et des machines, le choix des grandeurs à mesurer pour définir les qualités des matériaux appartiennent aux laboratoires nationaux; cette fonction leur est dévolue dans tous les pays étrangers. Pour étudier utilement ces méthodes de mesure, très improprement appelées *méthodes d'essai* (ce terme est une réminiscence de l'empirisme et de l'alchimie des siècles passés), il faut avoir l'occasion d'exécuter assez fréquemment ces essais et en bien posséder la pratique. Cependant, leur réalisation habituelle n'est pas une fonction essentielle des laboratoires nationaux. Les essais courants doivent normalement être faits dans les laboratoires d'usine ou dans les laboratoires particuliers. En cas de désaccord, il appartient aux laboratoires nationaux de départager les laboratoires privés. Jamais cependant, les dépenses de ces études, faites au profit d'intérêts particuliers, ne doivent être supportées par les contribuables. Au National Physical Laboratory, toutes les recherches privées sont taxées à un chiffre supérieur de 50 pour 100 aux dépenses réellement occasionnées, et cet excédent de recettes est appliqué à des recherches d'intérêt général.

La fonction essentielle des laboratoires nationaux est de se livrer à des recherches scientifiques d'intérêt général pour l'industrie, mais ne pouvant pas rapporter de bénéfice immédiat, ou encore à des recherches intéressant un grand nombre d'établissements industriels distincts, la réalisation parallèle des mêmes recherches dans toutes les usines devant entraîner des dépenses inutiles. Comme exemple de recherches d'intérêt général, à réalisations lointaines, on peut mentionner les études sur la constitution des métaux et alliages poursuivies très activement aujourd'hui dans les trois grands laboratoires de Londres, Washington et Berlin; les recherches sur la constitution des ciments hydrauliques poursuivies à Washington et à Berlin. La connaissance plus complète de ces matériaux, d'un usage si fréquent, est certainement avantageuse à l'industrie en général, sans se traduire pour cela par la découverte de nouveaux produits vendables. Il en est de même des recherches poursuivies dans différents laboratoires de l'Institution Carnegie, par exemple celles du Geophysical Laboratory, sur la constitution des silicates de l'écorce terrestre et des laitiers industriels, ou celles du Nutrition Laboratory, sur l'alimentation des êtres vivants, etc.

Parmi les recherches d'une application plus immédiate, intéressant à la fois un grand nombre d'établissements similaires, on peut mentionner les études effectuées au laboratoire anglais sur les outils en acier à coupe rapide, sur les propriétés et la fabrication des alliages légers d'aluminium, sur les meilleures formes des carènes de navires de commerce, sur les toiles et enduits servant à la construction des aéroplanes et des ballons, etc.

Le laboratoire de Londres, et certainement aussi celui de Berlin, mais nous manquons de renseignements sur les travaux récents de ce dernier, ont rendu, depuis le commencement de la guerre, des services inappréciables à leur pays. Le laboratoire de Londres, indépendamment d'études encore tenues secrètes, a mis au point la fabrication de la verrerie de laboratoire, généralement importée d'Allemagne avant la guerre; il a précisé les dimensions des canalisations nécessaires sur les navires de guerre pour la circulation des différents pétroles employés au chauffage des chaudières; il l'a fait par des mesures de grande précision sur les coefficients de viscosité des divers carbures d'hydrogène et sur leur variation en fonction de la température; il a étudié les appareils d'optique employés pour le réglage du tir de l'artillerie, etc. Il est malheureusement trop facile, au contraire, de montrer les inconvénients graves occasionnés chez nous par l'absence d'une organisation semblable. Nous en sommes encore à chercher comment faire étudier la verrerie de laboratoire fabriquée en France. De ce fait, nos industriels se trouvent en retard de plus d'un an sur leurs concurrents anglais. Pour le réglage de nos fours céramiques, nous employions des montres, dites de Seger, fabriquées en Allemagne et étalonnées dans les laboratoires de ce pays. Nous pourrions en fabriquer, mais nous ne savons où les faire étalonner. De même pour les produits réfractaires et surtout les briques de silice. Nous les faisions venir, pour la majeure partie, de l'étranger et, aujourd'hui, faute d'une installation pour en contrôler les propriétés, nous n'arrivons pas à mettre notre fabrication au point. Bien d'autres exemples, intéressant plus directement la défense nationale, doivent, pour le moment, être passés sous silence.

Les recherches poursuivies dans ces laboratoires nationaux diffèrent complètement de celles des laboratoires scientifiques proprement dits. Elles ne visent pas à découvrir des faits nouveaux, mais à préciser par des mesures multiples des faits connus d'une façon seulement qualitative. La fabrication des montres Seger, par exemple, n'exige aucune découverte : on connaît depuis longtemps le fait de l'abaissement du point de fusion du kaolin par l'addition de bases alcalines ou alcalino-terreuses. Il faut seulement déterminer, par des mesures très précises, le nombre de

Digitized by Google

degrés correspondant à des additions déterminées de fondant. Ce sont là des expériences fastidieuses, demandant la répétition des mêmes mesures sur des mélanges de composition progressivement variable. Les savants indépendants, travaillant dans leurs laboratoires personnels, ne se consacrent pas volontiers à des recherches semblables. Elles n'en sont pas moins de première importance. Les laboratoires organisés pour leur réalisation rendent à l'industrie, et même à la science, des services égaux, parfois supérieurs à ceux des laboratoires orientés vers la seule découverte des faits nouveaux. En tout cas, les domaines propres à ces deux catégories de laboratoires sont entièrement distincts.

L'étude des détails d'organisation des laboratoires de recherche a une grande importance pour en assurer le bon rendement. Le personnel doit avant tout être rompu aux méthodes scientifiques de travail. Cela est indispensable du moment où le but essentiel de ces laboratoires est d'appliquer aux problèmes de la pratique les ressources les plus complètes de la science. On pourrait être tenté d'attribuer aux connaissances techniques une importance égale à celle des connaissances scientifiques, de placer sur le même rang l'ingénieur praticien et le savant de métier. Ce serait là une erreur complète. Un savant peut très rapidement s'assimiler les connaissances pratiques utiles, mais la réciproque n'est pas vraie. Un ingénieur d'usine arrivera difficilement, et peut-être jamais, à s'assimiler l'usage des méthodes précises de mesure, s'il n'en a pas fait une étude approfondie dès sa jeunesse. L'exemple des laboratoires étrangers est là pour le prouver; le cas du National Laboratory de Londres est, à ce point de vue, tout à fait topique. Son directeur, le professeur Glazebrook, est un professeur de physique connu par des travaux d'optique théorique; le conseil de ce laboratoire est composé pour moitié de membres de la Société royale de Londres et il est présidé par le président de la Société royale, c'est-à-dire depuis la fondation du laboratoire par lord Rayleigh, sir Archibald Geikie, sir William Crookes et, aujourd'hui, par J.-J. Thomson. Malgré cette orientation exclusivement scientifique, ce laboratoire a su gagner complètement la confiance des industriels. Ceux-ci n'hésitent pas à le charger à l'occasion de la mise au point de procédés de fabrication : cela sort pourtant un peu des attributions normales d'un laboratoire de recherche scientifique.

Pour la direction efficace d'un semblable laboratoire, il faut, à des connaissances scientifiques très étendues, joindre une forte dose de bon sens. Des influences puissantes tendent en effet constamment à détourner l'attention des problèmes les plus importants. Chaque savant, directeur ou chef de service, a ses préférences personnelles et il lui faut résister à la tentation de sacrifier l'intérêt général à son point de vue particulier. Les industriels, d'autre part, recommandent trop souvent des recherches d'un intérêt douteux ou présentant des difficultés insurmontables de réalisation. Un laboratoire national de recherches a constamment à se défendre contre ces influences perturbatrices; son succès dépend avant tout du choix des questions mises à l'étude. Il n'est pas possible, d'autre part, de chercher à éviter ces difficultés en délimitant rigoureusement à l'avance le champ d'activité du laboratoire, car son programme dépend nécessairement de conditions tous les jours variables. Lors de la création du National Laboratory, personne ne pouvait prévoir son rôle capital en temps de guerre.

En dehors du choix du personnel, un second détail d'organisation, également important, est la division du laboratoire en services distincts. Sur ce point, il est plus difficile encore de formuler des prescriptions générales : il faut, dans une large mesure, tenir compte de conditions extérieures au laboratoire. Un premier point à trancher est celui de la répartition de l'ensemble des recherches de science industrielle; faut-il les grouper dans un seul établissement ou les diviser entre une série de laboratoires indépendants? C'est aujourd'hui un usage général de séparer les laboratoires de science agronomique de ceux de science industrielle proprement dite. Peut-être y aurait-il lieu de prévoir un laboratoire consacré aux industries chimiques, surtout aux industries organiques. L'industrie du papier, par exemple, est rattachée tantôt au laboratoire de mécanique (Allemagne), tantôt au laboratoire d'agriculture (États-Unis). En Allemagne, les sciences industrielles proprement dites ont deux laboratoires : le Material-prüfungsamt, chargé des industries mécaniques et de certaines industries chimiques (métallurgie, ciment et papier); le Physikalische Reichsanstalt, s'occupant des études relatives à l'électricité, la chaleur et l'optique.

Dans chaque laboratoire, il y a lieu de prévoir, en outre, des divisions intérieures. On séparera les sciences nécessitant l'usage d'appareils de mesure tout à fait distincts. Le maniement de ces divers appareils ne peut pas être également familier à chaque savant ou opérateur du laboratoire. On a ainsi les cinq sections de : métrologie, mécanique, électricité, optique et chaleur. On pourrait même isoler l'une ou l'autre de ces sections pour en faire des laboratoires distincts; certaines situations de fait peuvent justifier cette mesure.

Cette division théorique par catégorie de science n'est jamais complètement respectée dans la pratique; on se trouve généralement conduit à créer des sections spéciales correspondant non plus à une science élémentaire déterminée, mais à une technique particulière, nécessitant pour son étude complète l'emploi simultané de différentes méthodes de mesure. Dans tous les pays étrangers, il y a une section de métallurgie; il y a parfois aussi, comme en Allemagne, une section de ciments et une section des papiers, ou, comme en Angleterre, une section pour l'étude des carènes de navires. Enfin, certaines vérifications exécutées par grande quantité à la fois, comme celles des alcoolmètres, des thermomètres médicaux, seront groupées, avantageusement au point de vue de l'organisation du travail et de l'économie de la main-d'œuvre, en subdivisions spéciales de telle ou telle section. Mais toutes ces sections et subdivisions supplémentaires doivent être créées seulement au fur et à mesure des besoins reconnus.

Les considérations précédentes montrent la nécessité urgente de créer en France un laboratoire national de recherche scientifique.

En se bornant actuellement aux recherches de physique et de mécanique, ce laboratoire pourrait être placé sous le contrôle de l'Académie des Sciences, comme le National Physical Laboratory est placé sous le contrôle de la Royal Society. Ces deux institutions comptent dans leurs membres des savants d'origines très diverses et des compétences variées. Ainsi serait réalisé le désir, si souvent formulé, d'une alliance étroite entre la science et l'industrie. L'Académie ne peut manifestement diriger elle-même une telle institution. La direction en serait confiée à un Conseil composé de membres nommés par l'Académie des Sciences, de représentants des divers ministères et de délégués des grands syndicats industriels. Un comité technique, peu nombreux, serait chargé de contrôler l'activité du laboratoire, de choisir les sujets d'études et d'arrêter les propositions relatives au recrutement du personnel. Un projet sommaire annexé à ce rapport précise le mode de fonction-

Digitized by Google

nement du laboratoire et de nomination du personnel.

Après discussion de ce rapport, le vœu suivant a été voté à l'unanimité [1] :

« L'Académie des Sciences, convaincue de la nécessité d'organiser en France, d'une manière systématique, certaines recherches scientifiques, émet le vœu de voir créer un Laboratoire national de physique et de mécanique, chargé spécialement de poursuivre des recherches scientifiques utiles au progrès de l'industrie.

» Comme cela existe dans d'autres pays, ce laboratoire serait placé sous la direction et le contrôle de l'Académie des Sciences.

» La direction générale de ce laboratoire serait confiée à un conseil composé pour moitié de savants désignés par l'Académie, pour un quart de représentants des grandes administrations de l'État, pour un quart de délégués des principaux syndicats industriels. Ce Conseil serait présidé par le président de l'Académie et nommerait son vice-président; il ferait chaque année un rapport à l'Académie sur l'état des travaux du laboratoire. Ce Conseil confierait à un comité technique peu nombreux, choisi parmi ses membres, le soin de contrôler l'activité du laboratoire, d'arrêter les sujets d'études et de faire des propositions pour le recrutement du personnel. Le président de ce Comité serait choisi par le conseil.

» Dans le cas où l'on jugerait utile de rattacher au Laboratoire national certains laboratoires de l'État aujourd'hui existants et faisant des essais ou des études d'ordre industriel, ces laboratoires seraient considérés comme les filiales du Laboratoire national. Une coordination intime devrait en être de même, s'ils le désiraient, de certains laboratoires privés actuellement existants ou à fonder. Ces filiales auraient chacune un représentant dans le Conseil en sus des membres prévus plus haut.

» Une subvention importante devrait être prévue tant pour le fonctionnement du laboratoire que pour l'aide à donner aux établissements qui se grouperaient autour de lui. »

Sur l'équation de la décharge disruptive et la possibilité de trois sortes de potentiels explosifs

L'auteur discute, dans cet article, la formule qui donne le courant de décharge disruptive dans le cas de l'ionisation par chocs et montre l'existence de trois sortes de potentiels explosifs; il représente ensuite graphiquement les conditions relatives à ces trois sortes de potentiels explosifs.

La théorie de la décharge disruptive basée sur l'ionisation par chocs conduit, comme on sait, à l'expression suivante du courant de décharge

$$i = i_0 \frac{e^{a(\alpha-\beta)} - 1}{\alpha - \beta e^{a(\alpha-\beta)}} \qquad (1)$$

et l'on admet généralement que le potentiel explosif correspond au cas où le courant tend à devenir infini, c'est-à-dire lorsque le dénominateur s'annule [2].

Le but de cette note est de montrer que l'équation (1) permet de prévoir trois sortes de potentiels explosifs.

Le *premier potentiel* explosif correspond à la condition

$$\alpha = \beta e^{a(\alpha-\beta)} \quad \text{avec} \quad \alpha > \beta;$$

c'est celui que l'on observe le plus fréquemment.

Mais, indépendamment de cette solution généralement admise, le dénominateur de l'expression (1) peut s'annuler pour la condition $\alpha = \beta$.

Dans ce cas, l'expression prend la forme $\frac{0}{0}$; elle a pour valeur limite

$$i = i_0 \frac{a}{1 - a\alpha} = i_0 \frac{a}{1 - a\beta}. \qquad (2)$$

Le courant de décharge prend donc en général une valeur finie, mais dans le cas particulier où

$$\alpha = \beta = \frac{1}{a},$$

le courant tend de nouveau à devenir infini et l'on a une seconde espèce de potentiel explosif que nous appellerons *deuxième potentiel explosif*.

Enfin le dénominateur de l'équation (1) s'annule également pour la condition

$$\beta = \alpha e^{a(\alpha-\beta)} \quad \text{avec} \quad \beta > \alpha.$$

Le numérateur de l'expression (1) reste alors fini comme dans le premier cas; en outre numérateur et dénominateur changent de signe; le sens de la décharge

[1] *Comptes rendus*, 17 novembre 1917, t. CLXIII, p. 683.

[2] L'expression (1) est relative à la décharge entre deux plateaux parallèles, la cause ionisante initiale étant uniformément répartie dans tout le gaz. Dans cette expression, i_0 est le courant de saturation correspondant à la cause ionisante initiale; a la distance des deux plateaux; α le nombre des chocs ionisants produits par un électron dans un parcours d'un centimètre; β le nombre des chocs ionisants produits dans les mêmes conditions par l'ion positif. Lorsque la cause ionisante est une source de rayons ultraviolets frappant le plateau négatif, le dénominateur de l'expression (1) conserve la même forme (voir P. Langevin, *le Radium*, t. III, 1906). On retrouve dans ce cas les trois mêmes conditions pour le potentiel explosif.

Digitized by Google

n'est donc pas modifié ; c'est le *troisième potentiel explosif*.

Les conditions relatives à ces trois sortes de potentiels explosifs peuvent être représentées graphiquement de façon très simple.

Mettons en effet l'expression (1) sous la forme

$$i = i_0 \frac{e^{-\alpha x} - e^{-\alpha x}}{\alpha e^{-\alpha x} - \beta e^{-\beta x}}.$$

Sauf le cas $\alpha = \beta$ pour lequel la valeur de i est donnée par l'expression (2), le numérateur reste fini (1). Il est aisé de démontrer, d'autre part, que la fonction $y = xe^{-ax}$ qui figure au dénominateur jouit des propriétés suivantes : elle s'annule pour $x = 0$ et $x = \infty$; passe par un maximum pour $x = \frac{1}{a}$; cette valeur maximum étant $y_m = \frac{1}{ae}$.

La fonction y est représentée par la courbe de la figure et les trois sortes de potentiels explosifs correspondent alors aux couples d'abscisses.

$$\alpha', \beta' (\alpha' > \beta'); \quad \alpha'' = \beta'' = \frac{1}{a}; \quad \alpha''', \beta''' (\beta''' > \alpha''').$$

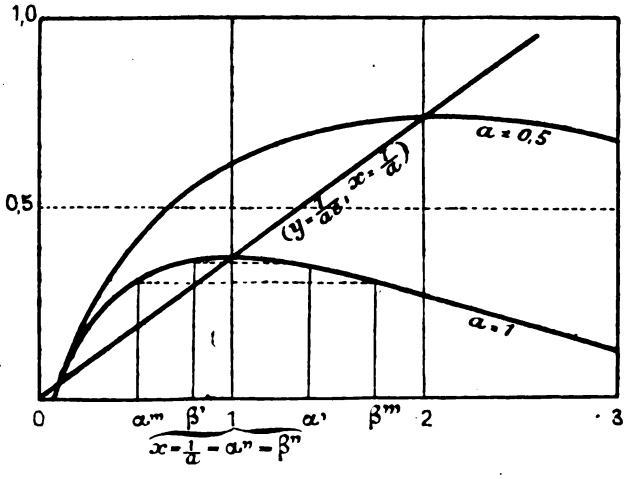


Fig. 1. — Courbes des variations du dénominateur de la fonction qui donne le courant de décharge ; ces courbes correspondent à différents écartements a des plateaux et sont indépendantes des valeurs de α et β ; elles indiquent toutes un maximum d'autant plus élevé et d'autant plus rejeté vers la droite que a est plus petit ; enfin tous ces maxima sont aux points d'intersections de la droite $y = \frac{1}{ae} \cdot x = \frac{1}{a}$ avec les courbes.

Supposons par exemple que l'on soumette à un champ électrique croissant le gaz compris entre deux plateaux à distance constante. L'ionisation par choc due aux électrons précède, comme on sait, celle des ions positifs ; α est donc au début plus grand que β. D'autre part, β nul au début croit ensuite très rapidement jusqu'à ce que l'on ait l'égalité $\alpha = \beta$; et, à partir de ce moment, on aura β plus grand que α. Nous supposons, dans ce qui précède, que nous ayons réussi à éviter l'étincelle disruptive.

Trois cas pourront alors être envisagés : 1° l'égalité $\alpha = \beta$ se produit après le maximum de la courbe et le premier potentiel explosif est seul possible ; 2° l'égalité $\alpha = \beta$ se produit au maximum même de la courbe et l'on a le deuxième potentiel explosif ; 3° enfin l'égalité $\alpha = \beta$ se produit avant le maximum de la courbe, c'est le troisième potentiel explosif.

Admettons maintenant que l'on modifie la distance des plateaux. Il est aisé de voir que la droite, passant par l'origine et par le maximum, représente le lieu géométrique de la position des maxima des diverses courbes que l'on obtient en faisant croître $\frac{1}{a}$; c'est-à-dire en diminuant la distance des plateaux. Cela résulte de la relation $y_m = \frac{1}{ae}$. Plus la distance a sera faible, plus le maximum est rejeté sur la droite de la figure et plus sa valeur est élevée. En faisant varier la distance a, on pourra donc théoriquement faire en sorte que l'égalité $\alpha = \beta$ se produise avant ou après le maximum et obtenir ainsi l'un ou l'autre des trois potentiels explosifs.

Ces considérations, que résume la figure 1, ont été établies à dessein, indépendamment de toute hypothèse particulière sur la façon dont α et β varient en fonction du champ électrique et de la pression du gaz ; nous nous réservons de montrer ailleurs ce que deviennent ces considérations générales lorsque α et β sont envisagés comme des fonctions déterminées de ces quantités. Remarquons enfin que les trois potentiels explosifs envisagés sont, en quelque sorte, les potentiels explosifs *absolus*, c'est-à-dire correspondant à une valeur théoriquement infinie de i. Mais, expérimentalement, il peut sans doute se produire que le courant dû à l'ionisation, sans tendre vers une valeur infinie, devienne très grand par rapport au débit de la source qui maintient la différence de potentiel aux électrodes ; on pourrait constater, dans ce cas, une décharge brusque, présentant pratiquement le caractère d'un potentiel explosif. Nous discuterons dans un second article les relations qui existent entre ces trois sortes de potentiels et les conditions du phénomène de la longueur critique et de la pression critique de l'étincelle (1).

Ch. Eug. Guye.
Professeur à l'Université de Genève.

(1) α et β n'étant pas infinis.

(1) Communication faite à la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Suisse, séance du 29 juin 1916.

Digitized by Google

Revues, analyses et informations

Les connexions des instruments de mesure.

L'emploi d'un wattmètre est nécessaire pour mesurer la puissance fournie par une génératrice à courants alternatifs. En mesurant cette puissance avec un voltmètre et un ampèremètre on obtiendrait la puissance apparente. Si la tension et le courant étaient en quadrature, la puissance réelle serait nulle, le produit des indications des deux instruments ayant néanmoins une certaine valeur.

Nous avons eu l'occasion de rencontrer des industriels, habitués au courant continu et dont l'esprit, rebelle aux notions de phénomène périodique, de phase et de décalage, n'admettait que malaisément l'insuffisance du voltmètre et de l'ampèremètre pour la mesure des puissances réelles en courant alternatif. Lors des essais, ils étaient fort difficiles à convaincre.

Mais une difficulté contraire se présente avec le wattmètre si les connexions n'en sont pas parfaitement correctes, comme il peut arriver après un montage pressé.

La « General Electric Review »(1) rapporte le cas suivant :

Une génératrice à courants diphasés 4 fils alimentait un réseau d'éclairage important ; néanmoins les deux wattmètres du tableau, récemment étalonnés, n'indiquaient pour la puissance débitée aucun chiffre appréciable.

Les recherches permirent de constater que les bornes de l'alternateur étaient reliées aux circuits extérieurs dans l'ordre convenable, mais que les connexions des wattmètres étaient incorrectes : le premier wattmètre avait sa bobine à gros fil reliée à l'alternateur I et sa bobine à fil fin à l'alternateur II ; pour le deuxième appareil, c'était l'inverse.

Dans ces conditions, la charge n'étant d'ailleurs pas inductive, la tension et le courant dans les wattmètres étaient sensiblement en quadrature. Vu la fréquence élevée de la distribution, l'inertie des pièces mobiles les empêchait de se mouvoir. La puissance indiquée était nulle.

Nous avons observé, en France, un cas tout à fait analogue, mais sur une distribution triphasée. Un industriel se plaignait de la consommation élevée d'un groupe électrogène à turbine qui lui brûlait 3 kg de charbon par kilowatt-heure. Comme il ignorait la puissance absorbée par ses machines d'utilisation, il s'en rapportait à son wattmètre. On soumit les chaudières et la turbine à une inspection qui ne démontra que le bon état de ces appareils. Mais ensuite, une vérification du tableau révéla une erreur de connexion dans les fils de tension du wattmètre. La remise en place correcte des fils suffit à ramener la consommation au voisinage de 1 kg de charbon par kilowatt-heure.

On doit remarquer, en terminant, que les erreurs de connexion, dont nous parlons ci-dessus, ne sont qu'une application intempestive d'un principe appliqué au réglage des wattmètres.

Ces appareils doivent rester au zéro : 1° à circuit ouvert ; 2° quand la tension et le courant sont en quadrature.

Pour vérifier ce dernier point dans le cas d'un wattmètre monophasé, on utilise avantageusement une distribution diphasée à 4 fils.

Le gros fil est branché sur une phase, le fil fin sur l'autre. Si par ailleurs le circuit n'est pas inductif, l'aiguille reste au zéro quand l'appareil est réglé. J. G.

(1) *G. E. R.*, décembre 1916, t. XIX, p. 1096.

Système duplex de radiotélégraphie (1).

On sait que le rendement d'un fil télégraphique simple entre deux stations éloignées a pu être doublé et même quadruplé par l'adoption des systèmes duplex et quadruplex. Dès qu'il fut démontré que la télégraphie sans fil était praticable, bon nombre d'inventeurs s'ingénièrent à découvrir un système susceptible d'augmenter aussi sa capacité de transmission, et c'est également vers les systèmes multiplex qu'ils dirigèrent leurs recherches. Aussi combien de spécifications descriptives de projets de transmissions multiples simultanées le bureau des brevets n'a-t-il pas enregistrées depuis quelques années ? Certes, lorsqu'il faut qu'une station radiotélégraphique reçoive des messages pendant le temps même où elle en expédie, ainsi que l'exige la transmission en duplex, l'opération ne va pas sans grandes difficultés. D'abord le transmetteur possède une puissance trop brutale en comparaison de celle du récepteur. La conséquence de cette inégalité est que la plupart des recherches faites en vue d'obtenir un système radiotélégraphique duplexé n'ont visé qu'une alternation du travail entre le récepteur et le transmetteur, c'est-à-dire, un dispositif donnant l'antenne à chaque appareil plusieurs fois par seconde pour obtenir le plus simple élément de la notation Morse. Remarquons toutefois qu'aucun de ces projets n'a donné de satisfaction commercialement parlant.

Cependant, il existe une méthode de transmission radiotélégraphique duplex qui, bien qu'exigeant un assez grand écartement des deux postes transmetteur et récepteur d'une même station, pour éviter que les détecteurs délicats ne soient affectés par l'interférence directe, a donné d'excellents résultats. Elle applique à la transmission dans chaque sens des longueurs d'ondes différentes qu'un moyen de discrimination syntonique permet de discerner. Le service du poste transmetteur est contrôlé par le poste récepteur de la station ; c'est-à-dire qu'une clef Morse, au poste récepteur, envoie sur un fil rattaché à l'autre installation des émissions qui vont actionner l'organe principal de transmission par l'entremise d'un relais spécial. Ainsi, pour les stations transatlantiques qui fonctionnaient déjà avant la guerre entre les Etats-Unis et la Grande-Bretagne, le poste transmetteur est logé à New-Brunswick et le poste récepteur où sont attachés les opérateurs à 48 km de distance, soit à Belmar, New-Jersey, lequel est relié par fil à New-Brunswick. Inversement, le poste transmetteur britannique est installé à Carnavon, alors que le poste récepteur auquel il est relié par fil se trouve à Towyn (Pays de Galles), soit une distance de 36 à 40 km. Carnavon transmet d'après une longueur d'ondes que reçoit Belmar, mais non Towyn ; cependant que New Brunswick émet des ondes d'une fréquence très différente qui, bien que perçues par Towyn, ne le sont pas par Belmar. Et c'est ainsi qu'après avoir choisi des longueurs d'ondes différentes et écarté, dans chaque station, les deux postes locaux, on peut entretenir dans l'éther des courants continus de messages circulant en sens opposé.

(1) *Electrical World*, 3 février 1917, vol. 69, n° 5, p. 210.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

Organisation moderne d'une entreprise de construction de petit matériel électrique (*Suite et fin*) (1).

Division de fabrication. — Les sections et travaux de cette Division sont indiqués dans le tableau IV.

TABLEAU IV. — *Division de Fabrication.*

SERVICES	SECTIONS	TRAVAUX
BUREAU DE FABRICATION	*Section des matières.*	Établissement des demandes de matières par le dépouillement des nomenclatures, spécifications, description et dessins des matières et fournitures demandées (1 employé). Magasin de départ (1 employé). Graphique de la rentrée des matières au magasin de départ permettant de contrôler que le manque de matières n'arrêtera pas les équipes et les machines et liaison avec les services d'approvisionnement et magasin, (1 employé). Mouvement des matières et des pièces dans les ateliers d'une équipe à l'autre, d'une machine à l'autre. Étude des moyens de manutention (1 employé).
	Section des opérations.	Étude de l'outillage et des procédés de fabrication, projets, dessins, discuter et obtenir l'outillage nécessaire. (1 employé). Fiches de pièces (fig. 9 opérations à exécuter pour chaque pièce standard, temps nécessaires et renseignements sur les procédés employés, les machines et outils à choisir, les positions et mouvements de l'ouvrier, conseils et consignes pour gagner du temps et diminuer la fatigue de l'ouvrier, (1 employé). Rédaction des fiches de travail. Tenue du tableau de travail et tenue du graphique d'occupation des machines. Fiches de machines (capacité de production, vitesse de coupes et d'avancements, graphiques et abaques pour chaque machine (1 employé). Études comparatives et analytiques des procédés, des temps, des prix, des fournitures, des résultats, des fautes, des mauvaises habitudes, des insuffisances ou des excès, des proportions d'ouvriers travaillant sur les ordres-clients et du personnel de surveillance et de vérification (1 employé). Expertises pour la détermination des temps et création des modèles-types. Liaison avec la division technique.

TABLEAU IV. — *Division de Fabrication. (Suite.)*

SERVICES	SECTIONS	TRAVAUX
GROS OUTILLAGE	1. *Installation* 2. *Entretien*	de l'aménagement et transmissions. des machines outils et des accessoires. Responsabilité du rendement de l'espace dans les ateliers et du maintien du rendement normal des machines.
PETIT OUTILLAGE	1. *Distribution.* 2. *Exécution.*	Inventaire et distribution des outils. Création des outils nouveaux. Standardisation des outils.
ATELIERS	*Équipes.*	*Rôle des contremaîtres :*
3. Usinage.	Équipes 1, 2, 3 etc.	Répartition du travail selon les fiches du Bureau de Fabrication.
4. Bobinage.	Id.	Choix du personnel.
5. Montage.	Id.	Responsabilité de la qualité du travail et des rendements. Rapports pour obtenir des modifications dans l'outillage, pour demander des travaux utilisant complètement les machines, pour indiquer le nombre de jours pendant lesquels telles machines ou telles équipes sont prises au maximum de production, pour indiquer quelles matières donnent ou non satisfaction. Revision des pièces loupées. Les contremaîtres (1 ou 2 par atelier, selon l'effectif) sont aidés, non par des chefs d'équipes chargés de les seconder dans toutes les parties de leurs fonctions mais par des *agents spécialisés* dépendant directement du Bureau de Fabrication. 1 ou plusieurs agents pour la vitesse des opérations. 1 ou plusieurs agents pour les manutentions 1 ou plusieurs agents pour le pointage aux pendules et le contrôle de répartition des temps sur les divers ordres. 1 ou plusieurs instructeurs et surveillants techniques.

(1) Voir la *R. G. E.* du 7 avril, t. 1, p. 546-555.

Digitized by Google

L'organisation de la Division de fabrication donne lieu aux observations suivantes ;

1° Bureau de fabrication. — Le Bureau de fabrication est le cerveau de l'usine.

Ses fonctions sont les suivantes :

1° Déterminer les quantités de matières nécessaires pour l'exécution des travaux ;

2° Indiquer les dates auxquelles ces matières doivent être au Magasin de départ ;

3° Faire arriver les matières aux machines et aux équipes immédiatement *avant* le moment où elles doivent être utilisées ;

4° Déterminer les *temps* des opérations ;

5° Établir le plan de fabrication pour éviter soit les congestions, soit les arrêts aux machines et aux équipes ;

6° Proposer au chef de fabrication toutes décisions et préparer les éléments de ces décisions pour solutionner toutes questions soulevées par les circonstances ;

7° Tenir à jour les états d'avancement, mettre en évidence et étudier les causes de retard.

On voit que les fonctions peuvent être classées en deux sections :

Section des matières (1°, 2°, 3°) et

Section des opérations (4°, 5°, 6°, 7°)

S.P.R. Lyon le 15 Oct 1916 PIÈCE N° 5821-6.

Désignation Plaque côté collecteur

Employé dans Dynamo type C 21 Nomenclature N° 8228

Nombre de pièces par appareil 1

MATIÈRE (pour une pièce) Une pièce fondue suivant modèle 11274 aluminium. — OBSERVATIONS

OPÉRATIONS D'USINAGE

ORDRE	NATURE	TEMPS PRÉVU N	TEMPS PRÉVU U	TEMPS RÉALISÉS Nombre de pièces	TEMPS RÉALISÉS Temps total	TEMPS RÉALISÉS Temps unitaire	TEMPS CHARGÉS N	TEMPS CHARGÉS U
A	tour	1	0,25	200	68	0,33	1	0,25
B	fraisage	1	0,15	"	50	0,25	1	0,15
C	perçage		0,13	"	30	0,10		0,10
D	taraudage		0,10	"	07	0,03		0,10

Fig. 9. — Fiche de pièce (*recto*) (1).

machines, il ne faut pas que le travail soit tiré par elles.

(1) En raison de la forte réduction qu'il a été nécessaire de faire subir au modèle, nous reproduisons ci-dessous les titres des 6 colonnes des Temps réalisés :

Nombre de pièces.	Temps total.	Temps unitaire.	Nombre de pièces.	Temps total.	Temps unitaire.

L'exécution de ce programme de travail est extraordinairement facilitée par l'application de la méthode indiquée dans le tableau ci-dessus.

Le graphique des matières tenu pour chaque ordre est le même que celui du service des approvisionnements ; ce document établit la liaison complète entre les deux services. Il indique au chef de fabrication quelles matières vont lui manquer et qu'il doit réclamer ; il prend en conséquence les mesures pour accélérer ou ralentir telle fabrication convenable afin que les équipes ou les machines ne manquent pas de matière.

Le Bureau de fabrication est le « clearing office » de l'usine. Rien ne doit se passer dans les ateliers sans que ce bureau en ait été avisé à l'avance et sans qu'il ait pris les mesures compatibles.

Un employé est spécialement chargé des *mouvements des matières* à travers l'usine.

Les matières et pièces nécessaires pour une opération doivent arriver près des machines et des équipes *avant* la fin de l'opération précédente. Cet employé est responsable de l'observation de cette règle. Il est responsable des manutentions entre équipes et délivre les matières aux équipes contre reçu du contre-maître ; le reçu porte les quantités fournies et les quantités qui devront être restituées après le travail.

Il faut *pousser* le travail vers les équipes et les

ORDRE des OPÉRATIONS		DÉTAILS DES OPÉRATIONS	OUTILLAGE PRÉVU
A	tour	tournage de la portée de centrage, alésage de la portée du roulement et dressage des faces	calibre mâchoire 105 +0,05 +0,04 ; calibre alésage 32 +0,03 +0,01 ; jauge profondeur 80 +0,05 −0,05
B	fraisage	fraisage des portées de porte balais	montage de fraisage n° 711
C	perçage	perçage	calibre de perçage n° 1382
D	taraudage	taraudage	

Fig. 9. — Fiche de pièce (*verso*).

2° Tableau annonciateur. — Pour que le bureau de fabrication soit informé sans délai des commencements et des fins de chaque travail pour chaque machine, il est intéressant d'employer un tableau annonciateur. Sur chaque machine, un bouton d'appel permet d'actionner une sonnerie électrique et un voyant correspondant, sur le tableau, à un numéro de la machine.

Près de chaque machine se trouvent :

La fiche de travail pour le travail en cours.

La fiche de travail pour le travail suivant.

Quand l'ouvrier annonce par un coup de sonnette la fin du travail en cours, un employé va chercher la fiche

Digitized by Google

du travail terminé et porter la fiche du travail qui vient en troisième ligne, l'ouvrier commence le travail suivant dont il a déjà la fiche.

Les fiches sont prises par l'employé chargé de les distribuer sur un tableau à agrafes, où elles se trouvent dans l'ordre convenable (ordre correspondant au plan de travail qui sera décrit plus loin) et sous le numéro de chaque machine-outil.

3° Fiche de travail. — L'examen du modèle employé (fig. 10) vaudra mieux que la lecture d'une description. Ce modèle est simple. Il convient pour le travail aux pièces et pour le travail à la prime.

Les fiches de travail doivent rentrer chaque soir après le départ de l'ouvrier; elles servent alors à l'établissement du bilan du travail de la journée et des prix de revient.

4° Tableau hebdomadaire de travail. — Ce document fig. 11 est le projet des temps d'occupation de l'outillage et des ouvriers, établi pour une semaine d'avance.

Il permet de se rendre compte *à l'avance* que tout est prévu pour l'occupation au maximum. Son emploi conduit à éviter les solutions de continuité. C'est en l'établissant que l'employé chef de la section des opérations voit si la succession des opérations est convenable.

Le plan est tenu à jour et modifié au fur et à mesure suivant les circonstances. Il est à remarquer que le plan

" PARIS-RHONE " — **Fiche de travail**

Ordre N° .....
Timbre à date : Fabrication.
Opération N° : *Sur machine N°* *Equipe :*
Spécification : *Ouvrier : nom.* *N°,* *Affûtage.*
Commencée le : *Finie le* ..... *Vérifiée le* .....

NOMBRE DE PIÈCES A EXÉCUTER	TEMPS UNITAIRE ACCORDÉ	TEMPS TOTAL ACCORDÉ	NOMBRE DE PIÈCES ACCEPTÉES	TEMPS ACCORDÉ CORRESPONDANT	TEMPS PASSÉ (y compris retouches)	BONI EN HEURES	BONI EN FRANCS	PRIX TOTAL A PAYER

Opération suivante N° .....
Spécification :

Sur machine N° .....
Ouvrier : nom.

N°

Équipe :

Visa : Fabrication :
Vérification :

Fig. 10. — Fiche de travail.

de travail est fait pour être remanié constamment et notamment, chaque soir, après la rentrée des fiches de travail.

Le but de ce document est de permettre la prévision des opérations sans interruption du travail des machines et des équipes, par de simples inscriptions graphiques.

Les durées d'occupation des machines sont figurées par des lignes horizontales au crayon noir qui sont modifiées par des rectifications en rouge, puis en bleu selon les opportunités.

Les règles suivantes se comprennent d'elles-mêmes :

On doit prévoir qu'une série de pièces peut être prise pour une opération sur une machine dans les trois cas suivants :

1° Lorsque l'opération précédente est terminée sur toute la série ;

2° Lorsque l'opération précédente est seulement commencée sur la série et qu'elle demande moins de temps que l'opération actuelle ;

3° Lorsque l'opération précédente, demandant plus de temps que l'opération actuelle, est déjà faite sur un nombre de pièces suffisant de la série. Ce nombre suffisant est déterminé par une simple règle de trois.

L'économie du tableau de travail est mise en relief dans l'exemple suivant :

Nous supposons qu'une série de 100 pièces ait à subir une opération sur la fraiseuse n° 28, que la durée de cette première opération pour chaque pièce soit 0,15 h et que l'opération suivante soit à exécuter sur la perceuse n° 75 et demande pour chaque pièce un temps de 0,05 h.

Le temps total du fraisage sur la série est..... $0{,}15 \times 100 = 15$ h
Le temps total du perçage..... $0{,}05 \times 100 = 5$ h

Digitized by Google

"PARIS-RHÔNE"

TABLEAU HEBDOMADAIRE du TRAVAIL de jour

du 6 au 13/2 1917

N° de l'Ordre	N° de Pièc.	Spécification sommaire	Nomb. de Pièces	Sur Machine N°	Temps de l'opération précédente unit. t_1	Temps de l'opération précédente total T_1	Temps de l'opération actuelle unit. t_2	Temps de l'opération actuelle total T_2	Mettre une croix si $t_2 > t_1$	$T_1 - T_2$	Observations	Lundi 10h	Mardi 10h	Mercredi 10h	Jeudi 10h	Vendredi 10h	Samedi 10h	Dimanche 10h	Opér. suiv.s sur Mach. N°	Observations
		Machine 28																		
15221	13	Socle	100	15	0,15	15	0,05	5		10									30	
15223	7	Flasque	100	17	0,10	10	0,10	10	+										29	
15332	72	Socle	500	12	0,05	75	0,30	150	+											
		Machine 29																		
15330	81	Flasque	100	"	"	"	0,04	40											112	
15223	7	Flasque	100	21	0,10	10	0,25	25	+										30	
		Machine 30																		
15218	9	Carcasse	50	22	0,04	2	0,10	5		3									32	
15221	13	Socle	100	28	0,09	5	0,04	40	+										12	
15219	93	Arbre	100	27	0,04	4	0,05	5		1									56	
15223	7	Flasque	100	29	0,25	25	0,30	30		5										

Fig. 11.

Digitized by Google

Pour qu'il n'y ait aucune interruption de travail à la perceuse, il faut le mettre en action sur la série considérée après la dixième heure de fraisage.

Le tableau V traduit ce raisonnement.

5° Graphique d'occupation. — Ce document (fig. 12) est mis au point chaque soir avant seize heures pour figurer clairement les durées d'occupation des machines pour le lendemain. Le chef de fabrication, en le consultant à

Tableau V.

Temps de l'opération précédente		Temps de l'opération actuelle		Différence $T_1 - T_2$	Numéros des machines	Lundi	Mardi
unitaire t_1	total T_1	unitaire t_2	total T_2				
0,15	15	0,05	5	Indiquant après quel temps de l'opération précédente on peut commencer l'opération actuelle.	28		
					75		
				10			

Sur le graphique on trace, pour figurer l'occupation de la fraiseuse 28, une ligne couvrant 15 heures, et pour l'occupation de la perceuse 75 une ligne couvrant 5 heures dont le point initial se trouve au moins à la 10e heure de fraiseuse.

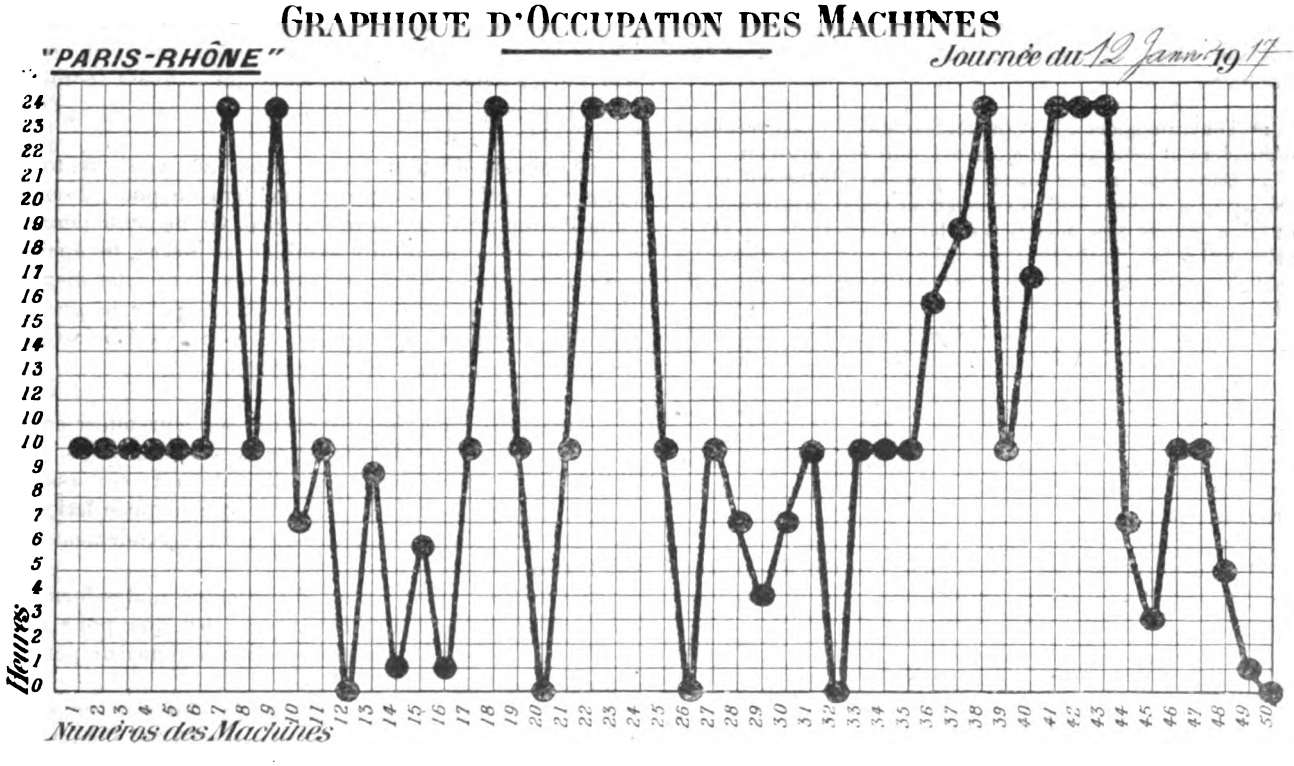


Fig. 12. — Photographie d'un graphique d'occupation des machines.

seize heures, voit en deux minutes quel sera le rendement de l'outillage de l'usine dans la journée du lendemain; il a encore le temps de décider des changements dans les travaux et de prendre les mesures convenables.

Il est avantageux de se servir d'une tôle percée de

Digitized by Google

rous, recouvrant une planchette de bois. En abscisses sont les numéros des machines, en ordonnées les heures. On pique une épingle à l'ordonnée figurant le nombre d'heures d'occupations. On peut joindre les épingles par un fil, comme il est fait sur le graphique que représente la figure 11.

6° Graphique d'avancement. — En abscisses on porte le calendrier, en ordonnées le nombre de pièces ou d'appareils à livrer d'après les prévisions des délais. La ligne de marche idéale est la diagonale (fig. 13).

Chaque jour, on porte le nombre d'appareils réellement livrés et les causes de retard ou d'avance.

7° Manutention. — Les moyens de manutention, de transports d'une machine à l'autre, d'un ouvrier à l'ouvrier suivant, d'une équipe ou d'un atelier aux autres, permettent une grande économie de temps s'ils sont bien organisés. Il est évidemment tout indiqué de faire parcourir aux matières et aux pièces le parcours minimum.

L'étude du cheminement des pièces dans l'usine devra donc être faite en conséquence. On sait que les parcours dans le sens vertical demandent du travail en pure perte, on s'appliquera donc à faire cheminer les pièces dans le plan horizontal autant qu'il sera possible. On est ainsi amené à employer des moyens de manutention qui ne seront pas décrits ci-dessous, mais dont l'établissement et le choix se feront selon les règles suivantes :

1° Tout transport à la main nécessitant des déplacements d'ouvriers et même de manœuvres doit être proscrit.

2° Dans tous les cas où c'est possible, les machines et les équipes doivent être disposées de telle manière qu'un ouvrier prenne ses pièces sur la même table où l'ouvrier qui a fait l'opération précédente les a déposées, et cela sans qu'aucun ouvrier *n'ait à changer ses pieds de place*.

3° Dans le cas où le cheminement précédent ne pourra être employé, il faut chercher à utiliser des glissières et des chaines sans fin.

4° Dans les cas ou les moyens précédents ne pourront s'appliquer, on utilisera des tables roulantes, des wagonnets sur rails ou monorails ou des camionnettes (à main dans les usines moyennes et petites) électriques dans les grandes usines.

8° Standardisation — 1 *Standardisation des aménagements.* — Voici comment Knœppel définit la standardisation :

« Au Metropolitan Opera à New-York, sur le dos de chaque fauteuil est inscrit le numéro de la sortie que chaque personne placée derrière ce fauteuil doit prendre en cas d'incendie ou de panique. Chaque sortie est numérotée d'une manière très apparente.

» C'est une *standardisation* de l'aménagement, dont le but est d'éviter la confusion et la perte de temps. »

Dans l'usine il peut arriver qu'une machine soit disposée de telle sorte que l'ouvrier est obligé d'arrêter ses mouvements et par suite son travail pour voir ce qu'il fait. Le temps mis à exécuter chaque pièce est alors décomposé comme suit :

	Par pièce en heure. Avant standardisation.	Après standardisation.
	h	h
Mise de la pièce en place...	0,005	0,005
Opération.....	0,022	0,022
Temps d'arrêt pour regarder.	0,021	0,007
Temps pour repérer.....	0,009	0,003
Enlever la pièce.....	0,005	0,005
	0,0062	0,042

En changeant la manière de conduire la machine, en disposant un miroir qui permet à l'ouvrier de suivre le travail sans arrêter, on peut arriver aux temps ci-dessus portés dans la deuxième colonne. On a *standardisé*.

On a gagné environ 1/3 du temps. On voit quelle est l'influence sur le prix de revient !

2 *Standardisation des matières.* — Il faut unifier les matières et fournitures employées sous le rapport de leur nature et de leurs dimensions.

Si j'utilise vingt sortes de vis au lieu de deux cents, mes approvisionnements se font plus aisément, mes appareils nécessitent moins de vis de rechange et leur fabrication est sans aucun doute simplifiée.

Il est souvent plus économique d'employer des pièces identiques en divers endroits d'un appareil, que d'employer deux pièces différentes qui peuvent sembler a priori plus convenables et moins coûteuses lorsqu'on les considère isolément.

Les raisons de tout ceci sautent aux yeux de tout industriel, mais il faut une énorme ténacité pour obtenir l'application pratique de ces règles. On ne cesse jamais d'apercevoir la possibilité d'unifier les pièces, les épaisseurs et les diamètres de matières employées, les dispositions même prévues dans les études pour le grand bien de l'entreprise : diminution des délais de fabrication des prix et des défauts de construction.

3 *Standardisation des opérations.* — La première condition à réaliser est la bonne position de l'ouvrier.

Il faut que l'ouvrier se tienne soit debout, soit assis, avec le haut du corps droit. Une pose inclinée fatigue très vite l'ouvrier, et réduit beaucoup le rendement de son travail.

Dans certains cas, il faut disposer de plates-formes ou de sièges de hauteurs différentes, les uns pour les hommes grands et les autres pour les hommes de petite taille.

L'étude des mouvements même de l'ouvrier, connue sous le nom de « système Taylor » a déjà fait l'objet de publications détaillées. Les ouvriers ont compris que la réalisation du nombre maximum de pièces avec le minimum de fatigue était un résultat désirable, autant pour eux que pour les entreprises. En apportant l'aide de ses connaissances et de son expérience, l'ingénieur ne fait que favoriser la recherche du bon rendement du travail,

Digitized by Google

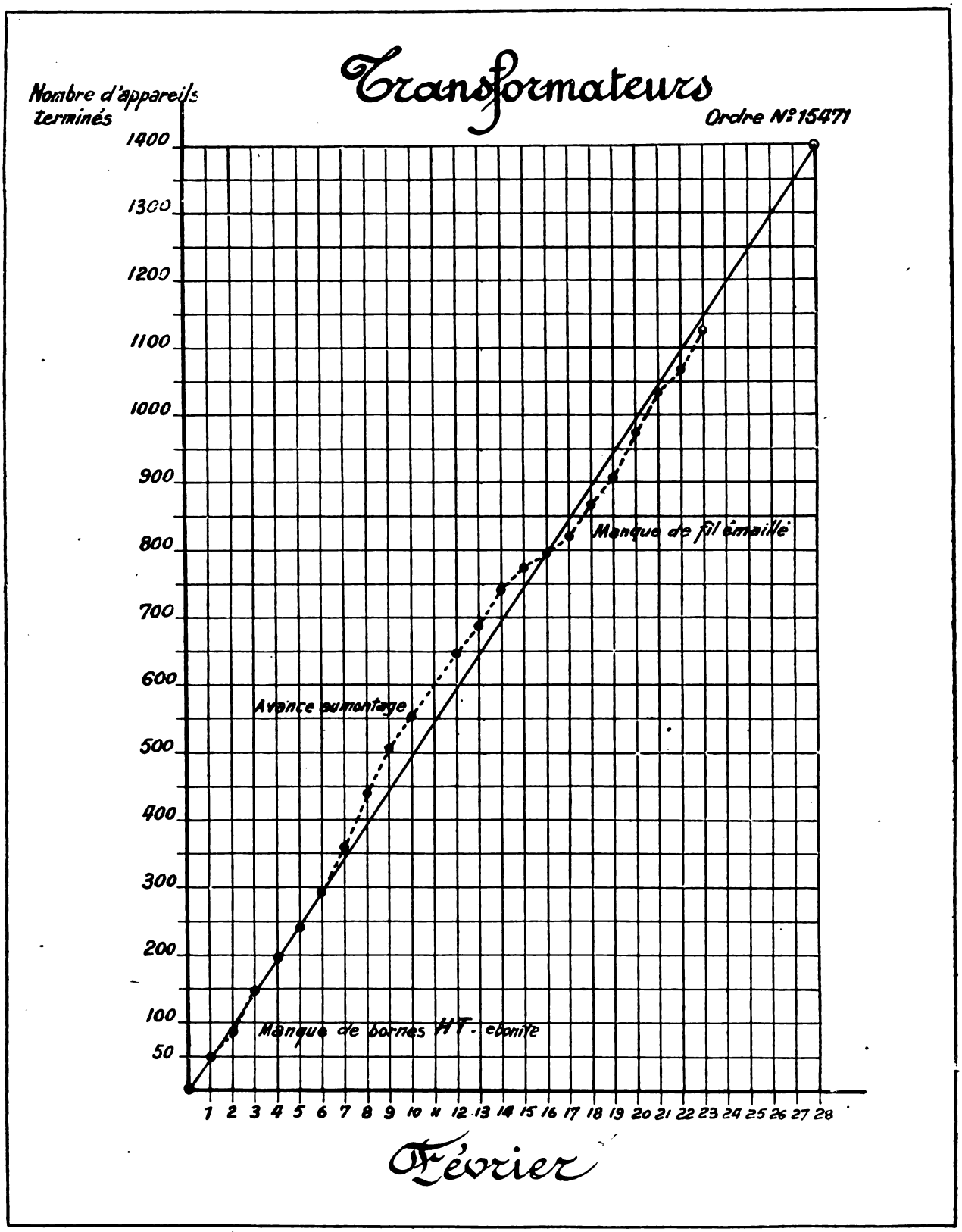


Fig. 13. — Graphique d'avancement.

Digitized by Google

recherche auquel l'ouvrier est lui-même porté ainsi qu'il le dit d'ailleurs lorsqu'il parle de « bien prendre le travail ». L'étude préalable et pratique de la bonne manière de « prendre le travail » par des ouvriers experts, qui fixent expérimentalement la succession la plus avantageuse des gestes à accomplir pour produire une opération dans le minimum de temps avec le minimum de fatigue, est aussi nécessaire que l'étude et la réalisation de l'outillage.

Les experts doivent avoir des salaires à peu près égaux à ceux des contremaîtres. Ils doivent travailler soit dans un local spécial, soit, lorsqu'il est nécessaire d'étudier les opérations, sur des machines mêmes de l'atelier principal — en dehors des heures de travail, afin que l'étude ne se fasse pas sous les yeux des ouvriers.

Les experts doivent être payés de telle manière qu'ils soient intéressés à la réduction de la durée des opérations. En outre, il faut les choisir parmi des ouvriers habiles, consciencieux, ayant « l'amour du métier ».

9° Exemples de standardisation. — *Premier exemple* (1). — Disposition d'établi avec glissière, pour l'assemblage du piston et de la bielle (usine Ford).

Avant l'adoption de ce système, chaque homme faisait le travail complet de montage (environ trois minutes par pièce); chaque établi avait 7 monteurs de chaque côté; pas de vérificateur, pas de glissière.

Deux établis avec 28 hommes au total assemblaient 175 pistons et bielles en une journée de neuf heures, soit environ trois minutes, cinq secondes pour chaque montage.

Les opérations, les outils, les établis étaient les mêmes que ceux de la méthode actuelle, mais il y a maintenant 7 hommes par établi au lieu de 14.

Le montage a fait l'objet d'un chronométrage détaillé, et bien que le temps employé ne semblât pas très grand,

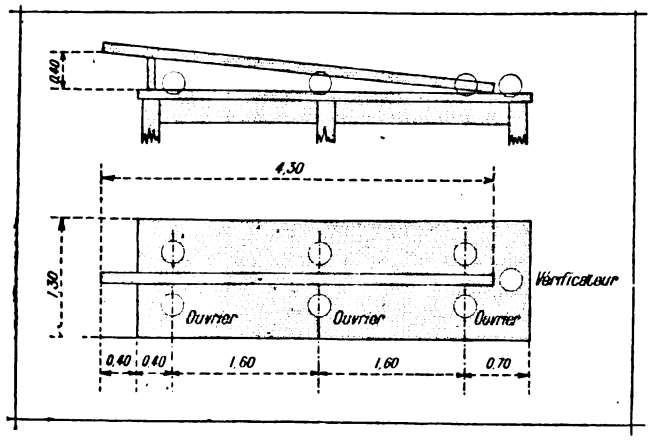


Fig. 14. — Disposition de l'établi.

bien que le travail fût fait correctement, on reconnut que personne n'avait étudié ce travail soigneusement ni vérifié, avec le chronomètre en main, comment les trois minutes étaient employées. Une analyse du temps avec le chronomètre démontrera que, sur les neuf heures de chaque journée, quatre étaient dépensées en « promenade », c'est-à-dire en mouvements du corps de chaque monteur faits en déplaçant les pieds.

En un jour ou deux, le chef d'équipe a obtenu, avec la nouvelle méthode, le même travail avec 50 pour 100 d'ouvriers de moins, il a remis 14 hommes sur 28 à la disposition du chef d'atelier.

Actuellement, 7 hommes, 6 monteurs et 1 vérificateur arrivent à monter 2 600 pistons et bielles en huit heures, soit moins de soixante-dix-huit secondes par montage au lieu de cent quatre-vingt-cinq secondes avec l'ancienne méthode. La figure 14 montre la disposition adoptée.

Voici le détail des opérations pour chacune des deux méthodes :

ANCIENNE MÉTHODE	MÉTHODE ACTUELLE
Chaque monteur fait les six opérations suivantes : 1. — Faire passer l'axe avec une petite masse spéciale à main. 2. — Huiler l'axe. 3. — Passer l'axe dans l'œil de la bielle. 4. — Tourner l'axe pour le faire mordre sur la partie filetée (avec un tournevis). 5. — Tourner l'axe pour le fixer. 6. — Serrer avec une clé. Goupiller. Ouvrir la goupille avec un outil spécial. *Temps :* 3 minutes, 5 secondes, pas de vérificateur, 14 hommes par établi, 175 montages en 9 heures.	Les opérations sont partagées en 3 groupes (un homme fait un seul groupe). (L'établi est muni d'une glissière, 3 monteurs de chaque côté, 1 vérificateur au bout. 1. — Faire passer l'axe, le huiler, entrer l'extrémité de l'axe dans le piston : 10 secondes de temps utile. 2. — Placer la bielle dans le piston, passer l'axe à travers la bielle et le piston avec un tournevis, tourner l'axe à la position pour prendre la partie filetée, tourner sur la partie filetée : 10 secondes de temps utile. 3. — Serrer avec une clé, goupiller à la main, ouvrir la goupille avec un outil spécial : 10 secondes de temps utile. *Vérification.* — Le vérificateur jauge le piston avec une jauge en tôle d'acier, vérifie l'équilibrage, essaye l'axe pour voir si la fixation est correcte, vérifie les surfaces, le poids, cherche s'il y a des frottements, vérifie s'il y a trop de frottement ou trop de jeu, rejette tout ce qui est en deçà ou au delà des tolérances, etc. : 8 secondes — 2 secondes pour placer chaque ensemble devant lui et faire les marques sur la tête de piston.

Ce travail de montage enseigne deux choses importantes :

1° On fait de grandes économies dans le travail par une division des opérations telle que l'ouvrier n'ait pas besoin de *changer la position de ses pieds*;

2° Tout dispositif (tel que la glissière dans l'exemple précédent) propre à recevoir les pièces assemblées par l'ouvrier, dès que son travail est terminé et placé à portée de sa main, sans qu'il ait *à chercher* une place pour déposer les pièces, et tout dispositif lui procurant sous la main le prochain travail qu'il doit prendre, sont de grands *économiseurs* de temps.

Remarque. — La glissière est employée seulement pour le transport des pièces assemblées et pour les

(1) Emprunté à *Engineering Magazine*.

Digitized by Google

amener devant le vérificateur de telle manière qu'il n'y ait aucun mouvement à faire pour cela.

Remarque. — Les ouvriers ont été satisfaits du changement; le chef d'équipe dit : « Nous dormions avant cette manière de travailler, nous rêvions. »

Deuxième exemple [1]. — Montage de la magnéto.

La méthode de montage employée pour la magnéto Ford est le premier exemple que nous connaissions de l'emploi de la chaîne sans fin pour un travail de montage.

On sait que la magnéto Ford est dans le volant et que ses aimants sont rayonnants autour du centre du volant.

Avant l'organisation du montage qui va être décrite, la magnéto de Ford était montée par un seul homme et chaque homme arrivait à en monter 35 à 40 par journée de neuf heures. Le travail était fait par des hommes expérimentés, mais il n'était pas régulièrement satisfaisant et il était relativement coûteux.

Quarante assemblages par homme et par jour pour neuf heures de travail était le record; cela donne presque vingt minutes pour le montage de chaque magnéto.

Quand l'organisation du montage a été faite, avec une division du travail en 29 groupes d'opérations, à raison d'un homme pour chaque groupe, les 29 hommes commencèrent par monter 132 magnétos par heure, soit 1 188 par journée de neuf heures; soit pour chaque magnéto treize minutes, dix secondes, ce qui donnait déjà une économie de sept minutes par montage, soit plus d'un tiers du temps dépensé par l'homme le plus capable.

Une nouvelle méthode de montage, comportant l'utilisation d'une chaîne sans fin, fut installée vers le 1er mars 1914, quand la journée de travail de Ford fut réduite à huit heures.

A ce moment, l'assemblage de la magnéto avait été perfectionné à la suite d'études et d'expériences; 18 hommes assemblèrent alors 1 175 magnétos en huit heures, soit un peu plus que sept minutes par magnéto.

La détermination de la vitesse de la chaîne ne fut pas immédiate : elle fut d'abord de 1,65 m : min, ce qui était beaucoup trop vite; puis la vitesse de 0,75 m : min fut essayée et trouvée beaucoup trop lente; le troisième essai porta sur une vitesse de 1,10 m : min, qui est la vitesse encore en usage, quoique le contremaître soit certain que cette vitesse pourrait être augmentée maintenant. L'emploi de cette chaîne sans fin paraît être la cause principale des grands progrès accomplis; elle pousse au travail les hommes lents, elle retient les hommes vifs tentés de précipiter le travail et de ne pas donner toute l'attention nécessaire, elle joue le rôle d'un régulateur.

Aussitôt que les hommes furent accoutumés à cette méthode de montage quasi automatique, 4 hommes furent retirés et le rendement fut de 16 p. 100 de plus que pour les séries précédentes; 14 hommes travaillant huit heures rassemblèrent 1 335 magnétos, soit cinq minutes par magnéto, contre vingt minutes quand un homme faisait le travail complet.

Troisième exemple. — Montage d'un transformateur [1].

L'organisation du travail est représentée graphiquement par la figure 15.

Le chronométrage préalable avait conduit à prévoir le montage de 50 transformateurs par jour avec une équipe de 15 personnes. Une prime était accordée pour une surproduction de 10 et une prime augmentée pour une surproduction supérieure à 10.

Les résultats obtenus ont été de 60 transformateurs par jour après le dixième jour, puis 65, 70, puis enfin 80 au bout du vingtième jour.

Division commerciale. — Le tableau VI donne le détail des sections de cette division.

TABLEAU VI. — *Division commerciale.*

SERVICES	SECTIONS	RÉSUMÉ DES TRAVAUX
BUREAU CENTRAL	*Classement.*	Statistiques-analyses.
	Renseignements.	Enquêtes sur les clients.
		Renseignements sur les concurrents, les prix.
		Prévisions des ventes-clients éventuels.
		Achats des appareils concurrents.
		Standards commerciaux.
	Correspondance générale.	Classement.
		Dactylographie.
SERVICE DES VENTES	*Agences.*	Contacts avec les agents, avec les clients.
		Fiches de visites chez les clients.
	Inspections.	Inspecteurs et voyageurs.
		Rapports.
SERVICE DE PUBLICITÉ	*Imprimés.*	Catalogues et notices.
		Tarifs.
		Informations-descriptions.
		Annonces-Photographies.
	Expositions.	Expositions. Salons. Foires. Démonstration. Appareils d'expositions.
SERVICE DES RÉCLAMATIONS		Classification des réclamations.
		Enquêtes-Rapports.
		Commentaires-Sanctions.
		Propositions de changements concernant le matériel, les méthodes, l'organisation.

Remarque. — Le principe de toute action commerciale méthodique se rattache au principe général inscrit en tête de ce travail : *Prévoir et contrôler.*

On doit commencer par les listes des clients possibles. Ces listes doivent être établies selon les classements suivants :

1° Listes géographiques (par pays, par zones, par agences);

2° Listes par professions;

3° Listes par objets et types d'objets qui pourront

[1] Emprunté à *Engineering Magazine.* Description des usines Ford.

[1] Travail en cours aux ateliers de la Société Paris-Rhône, à Lyon (construction de petit matériel électrique).

Digitized by Google

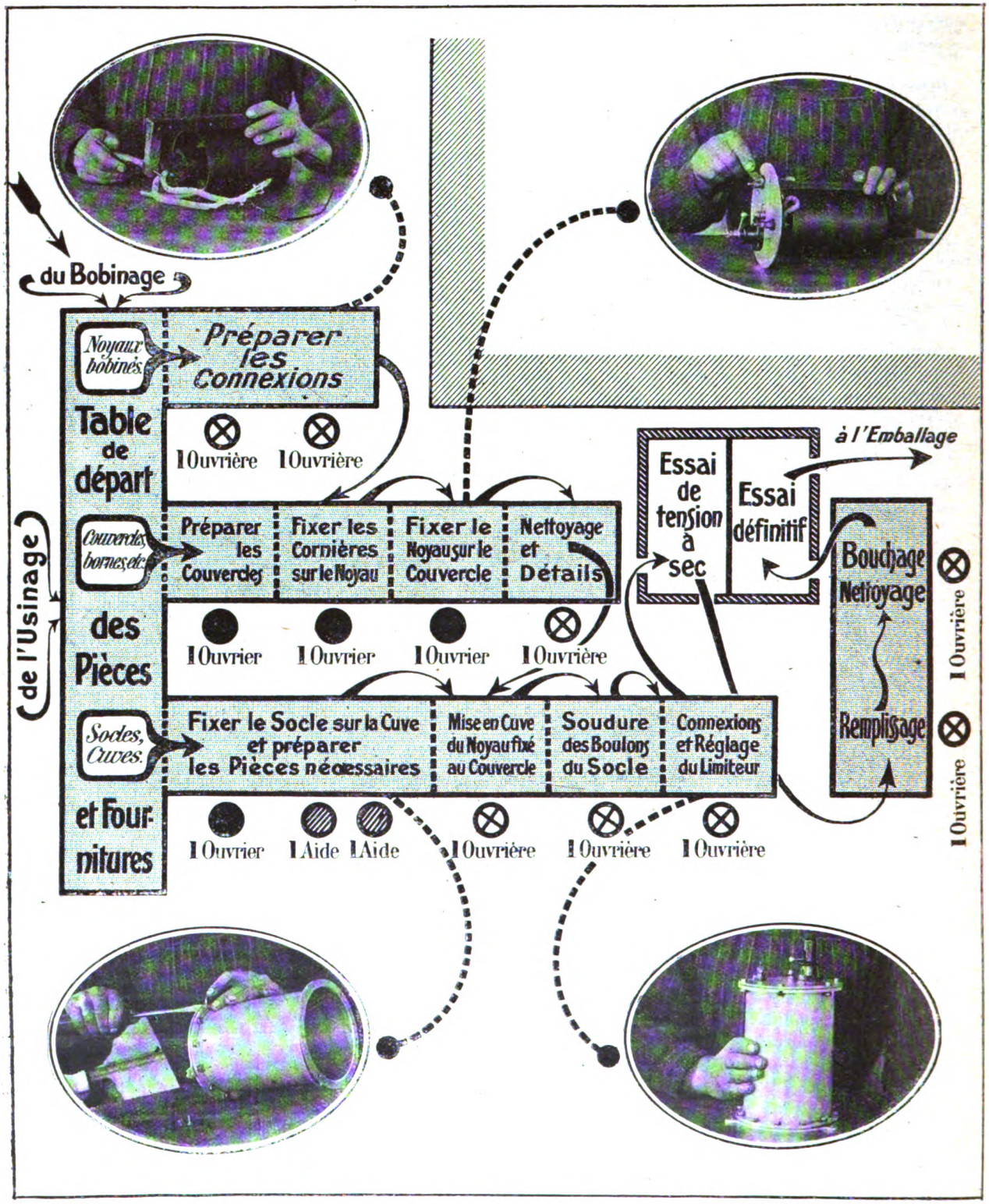


Fig. 15. — Organisation du travail de montage d'un transformateur.

être acquis par les clients, et qu'on se propose de leur vendre.

Il faut atteindre tous les clients éventuels : et directement par une correspondance, des inspecteurs, des voyageurs, et indirectement par des agents, des détaillants, des entrepreneurs

Digitized by Google

Il faut obtenir les raisons pour lesquelles vous n'êtes pas leur fournisseur et quels motifs les pousseront à devenir vos clients.

Il faut analyser et classer ces raisons.

La direction déduit de tous ces documents certaines décisions concernant la marche générale de l'affaire.

On en tire également toute une politique commerciale dont l'application doit être poussée en détail.

Toutes les objections faites à votre matériel, objections techniques ou commerciales, doivent être combattues par des raisons connues dans des instructions pratiques à l'usage de tout le personnel du service des ventes. Sans jamais attaquer ni critiquer les appareils concurrents, qu'il convient toujours de tenir en estime, il faut mettre en évidence les avantages de sa propre fabrication et s'assurer que les agents combattent loyalement, mais efficacement, en employant les arguments qui portent.

Tout, jusqu'aux moindres détails, doit être prévu sérieusement, c'est-à-dire par écrit.

Tout doit être contrôlé de même. Les imprimés pour les rapports d'agents, d'inspecteurs de ventes, de statistiques sont aisés à établir pour chaque entreprise. L'important est d'organiser et de conduire la division commerciale selon les principes scientifiques que nous venons de résumer brièvement.

Division de comptabilité. — Les sections de cette division sont indiquées dans le tableau VII.

TABLEAU VII. — *Division de Comptabilité.*

SERVICES	SECTIONS	RÉSUMÉ DES TRAVAUX
PRIX DE REVIENT		Contrôle aux pendules. Payes. Totalisation des totaux des fiches vertes matières, et des fiches rouges main-d'œuvre, et inscriptions au prix de revient de chaque ordre.
COMPTABILITÉ MATIÈRES	a) *Contrôle.*	Contrôle des factures. — — relevés. — — opérations arithmétiques. — inscriptions.
	b *Inventaires.*	Inventaires permanents dans chaque magasin et dans les ateliers. Un groupe d'employés tient à jour les fiches selon les bons de rentrée et sorties. Un groupe d'employés fait la vérification (extra comptable) de la conformité des fiches avec les existants dans les magasins et ateliers.
COMPTABILITÉ GÉNÉRALE	a) *Caisse.*	Un caissier.
	b) *Livres.*	Un teneur de livres.
	c) *Résultats.*	Renseignements statistiques. Situations. Bilans. Impots. Assurances. Retraites.
	d *Service financier.*	Assemblées. Titres.
	e) *Contentieux.*	Liaison avec le conseil juridique, les avocats, huissiers, etc.

NOTA. — Dans une affaire moyenne, le chef de la Division de Comptabilité doit suffire pour assurer les travaux des sections c. d et e.

Le rôle de la division de comptabilité est d'une extrême importance.

Rien n'est plus difficile que de connaître exactement un prix de revient.

Rien n'est plus simple avec l'organisation exposée ici et dont nous nous servons depuis plusieurs années.

Nous n'insisterons pas sur l'utilité bien connue du contrôle des entrées et sorties du personnel au moyen de pendules enregistreuses, établies pour imprimer la durée du travail de chaque ouvrier, soit sur une bande de papier, soit sur un ticket individuel.

PRIX DE REVIENT. — Voici la base de notre système de prix de revient. Pour *chaque ordre, deux fiches* :

1° Une fiche *verte* qui porte inscription de toutes les matières sorties du magasin de matières premières sous le numéro de l'ordre. L'ordre est *débité* sur cette fiche de tout ce qui sort sous son numéro, il est *crédité* de tous les rendus. L'attaché de la fabrication chargé des matières en ateliers est responsable de tous les mouvements et par suite de la correction de tous les rendus; il contrôle les découpages, les sciages et sait, par un calcul préalable, de quelles quantités doivent se composer les rendus.

2° Une fiche *rouge*, c'est la fiche sur laquelle on inscrit chaque jour, au débit de l'ordre, le montant des frais de main-d'œuvre effectués sur l'ordre, ces frais étant fournis par les fiches de travail, c'est-à-dire par *les mêmes documents qui servent à établir le registre de la paye.*

On est donc *certain*, sauf erreurs accidentelles d'opérations, que le montant des salaires payés doit correspondre à la totalité de la main-d'œuvre comprise dans les prix de revient.

Un *contrôle* hebdomadaire permet de vérifier la concordance de ces deux chiffres. Personne ne peut méconnaître l'extrême intérêt de ce contrôle.

L'établissement des frais d'exploitation rentre dans ce cadre d'opérations, car tous les frais sont portés dans des chapitres traités de la même façon que les ordres des clients ou les ordres créés pour des séries d'approvisionnements.

Cette organisation permet d'obtenir pour chaque semaine :

1° Les dépenses faites sur chaque ordre (points de comparaison pour les états d'avancement ;

2° Les dépenses faites sur chaque chapitre des frais d'exploitation.

Pour certains chapitres, les dépenses sont comptées pour chaque jour et des graphiques sont établis.

Nous procédons ainsi pour les dépenses suivantes :

Chauffage la courbe de charbon est tracée sur un graphique portant aussi les courbes de température extérieure et intérieure .

Eclairage.

Force motrice.

Eau, Gaz.

Ces graphiques permettent à la direction de prendre des mesures pour réduire les causes de gaspillage et améliorer les rendements.

Digitized by Google

Les prix de revient se trouvent automatiquement établis lorsqu'un ordre est terminé.

Les estimations de prix de revient pour une série en cours de fabrication sont possibles avec une approximation assez précise grâce à la comparaison entre les feuilles de dépenses hebdomadaires et les devis établis par le bureau de fabrication (fig. 16).

En outre les dépenses en matière et main-d'œuvre, le prix de revient comporte d'autres éléments qui sont indiqués sur la *fiche de prix de revient* (fig. 17).

Les frais d'exploitation, de même que les frais généraux, sont portés selon les règles suivantes :

On obtient les frais d'exploitation affectés à un ordre en multipliant la main-d'œuvre dépensée sur cet ordre par un coefficient déterminé par la direction avant la fin de chaque mois pour le mois suivant.

La formule d'établissement du prix d'un objet fabriqué *qui rentre en magasin de vente* est la suivante :

$$M = A + B + E.$$

A matières, B main-d'œuvre, E frais d'expoitation.

En réalité, chacun de ces facteurs est formé de trois éléments : l'élément correspondant aux travaux, celui

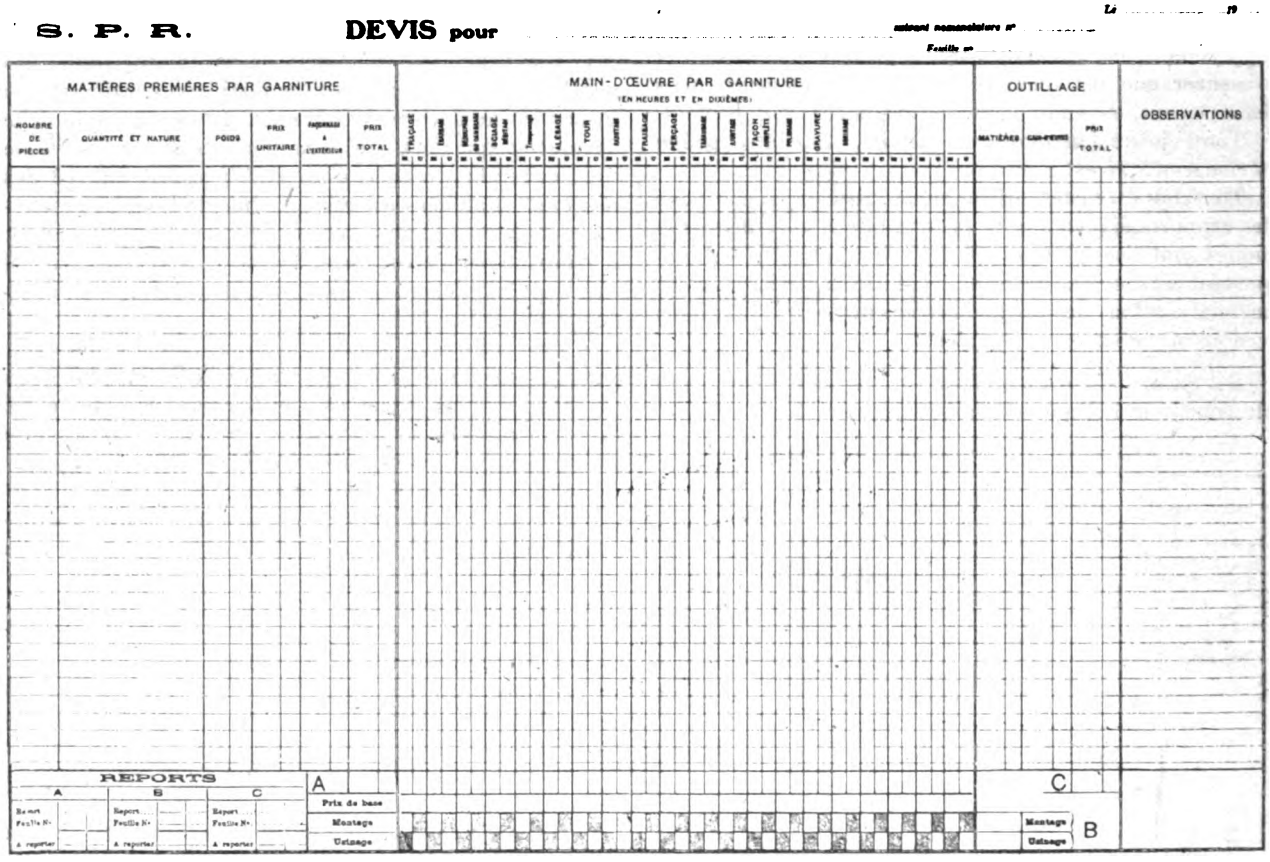


Fig. 16.

relatif aux études, et celui concernant l'outillage et les modèles (voir fiches) :

$$E = B + x.$$

x est déterminé par la moyenne obtenue pendant les mois précédents, et par la correction que la direction peut juger nécessaire de faire subir.

Plaçons-nous au 20 mars.

Le total des salaires de février fut $B = 25000$;

Le total des frais d'exploitation correspondant fut $E = 23800$;

Le système de comptabilité industrielle employé permet d'obtenir ces chiffres avant le 20 mars.

Pour tous les travaux de février j'en déduis que le coefficient x idéal serait $\frac{23800}{25000}$.

En pratique, pour la simplicité d'application, je prends un nombre simple en ayant soin, par mesure de prudence, de le choisir *par excès* et je décide que x sera égal à l'unité. Dans chaque prix de revient, je fais donc $E = B$.

Si toutefois une aggravation des rapports des frais d'exploitation à la main-d'œuvre est attendue pour mars — les causes peuvent être connues, les résultats commencent à apparaître dès le 20 mars — on pourra en

Digitized by Google

tenir compte en prenant E plus fort et par exemple égal de $\frac{110}{100}$ de B au lieu de 100 pour 100.

La vérification d'un choix judicieux du coefficient se fait automatiquement à la fin de chaque mois : en effet, le compte frais d'exploitation est débité par les dépenses faites, il est crédité par les affectations sur prix de revient. Le solde est imputable aux *travaux en cours*.

En comparant ce solde des frais d'exploitation au montant de la main-d'œuvre sur travaux en cours on trouve un certain rapport. Si l'on a été prudent, en adoptant pour les prix de revient des x $\left(x = \frac{E}{B}\right)$ des valeurs un peu trop fortes, on doit trouver pour les travaux en cours un rapport $\frac{E}{B}$ plus faible que la valeur normale.

S.P.R.

PRIX DE REVIENT DE L'ORDRE N°_____

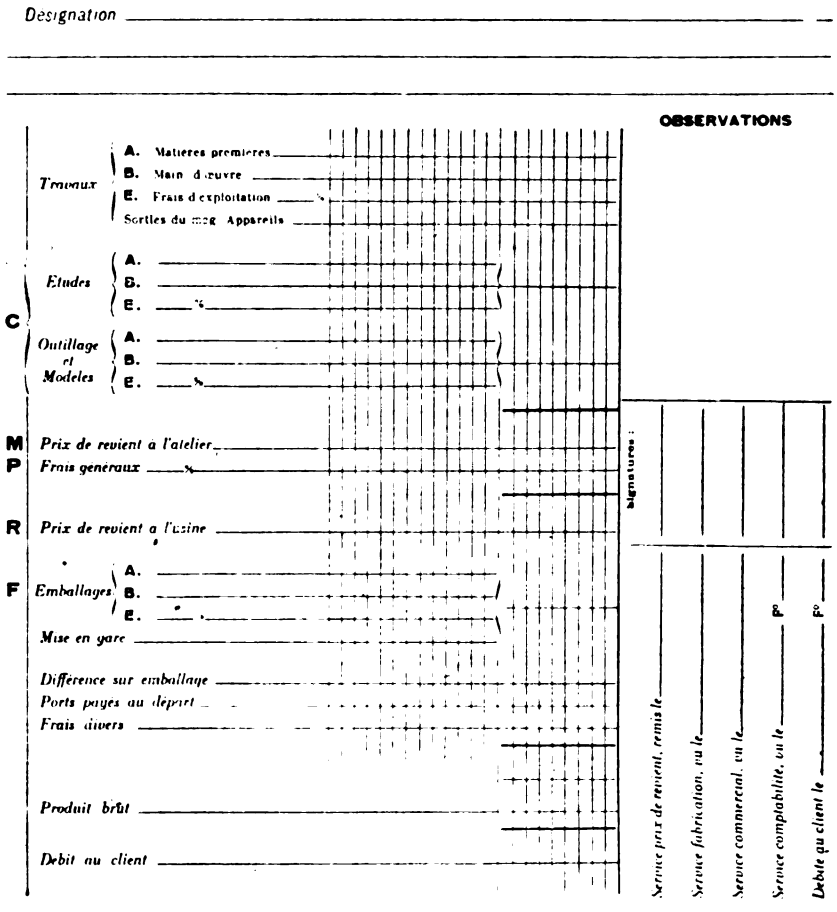


Fig. 17.

Inversement, si ce rapport est plus fort que la normale, il faut forcer la valeur x pour faire baisser rapidement le rapport $\frac{E}{B}$ concernant les travaux en cours.

Pour les frais généraux F la même règle est appliquée.

Il est inutile de justifier que les objets fabriqués doivent rentrer en magasin au prix M et que seuls les objets *vendus* doivent avoir un prix de revient grevé des frais généraux et des frais accessoires de vente portés sur la fiche.

Il serait encore plus logique de départager les frais généraux en frais généraux proprement dits (administration, impôts, etc...) et frais commerciaux ; et cela ne changerait rien aux règles établies, mais, dans la pratique, comme nos frais commerciaux sont la partie importante des frais généraux nous avons préféré sacrifier un peu à la logique pour y gagner une simplification.

Paye. — Voici le système que nous employons toutes les fois où cela est possible.

Digitized by Google

Le temps accordé pour un travail déterminé est fixé à l'avance après étude et expériences.

Soit x le temps accordé, par exemple, pour exécuter une pièce sur un tour, le temps x correspond à m pièces pour une journée de 10 heures : $mx = 10$ h.

Soit p le salaire de base de l'ouvrier (affûtage).

L'ouvrier est débité, chaque jour, de la somme correspondant au temps accordé $= m \times x \times p$.

Il est crédité de la somme correspondant au travail réalisé ; s'il a fait $m + n$ pièces dans sa journée, il est crédité de $(m + n) \times x \times p$.

Son boni est $n \times x \times p$.

La figure 18 représente les feuilles de paye employées à cet effet.

Il est convenu que le salaire moyen n'est jamais pour une semaine inférieur à celui qui résulte du tarif d'affûtage, soit pour une semaine $m \times x \times p \times 6$ jours.

Si un ouvrier touche, pendant quatre semaines de

S. P. R. **RÉPARTITION DES SALAIRES PAYÉS AU PERSONNEL** sur Ordres FEUILLE N°_____

Semaine du Vendredi _____ au _____ 191_

ÉQUIPES	Totaux	Ordre N°	Ordre N°	Ordre N°	Ordre N°	Ordre N°	Ordre N°	Ordre N°	Ordre N°	Ordre N°	Ordre N°	Ordre N°	Ordre N°	Ordre N°
Sommes payées à l'heure.....														
Report Fs d'Expl. et Compl. gx														
Total de la paye hebdomadaire														
Sommes payés au mois.....														
Total sur Ordres ...														
Report du Total des Frais d'Exploitation & Comptes généraux														
TOTAL GÉNÉRAL ...														

Fig. 18. — Modèle de feuille de paye.

suite, un boni correspondant à un salaire moyen supérieur de 0,10 à son salaire d'affûtage, l'ouvrier est promu à un salaire horaire supérieur de 0,10 fr. Il y a ainsi cinq échelons à gravir pour arriver à l'affûtage maximum. Ensuite l'ouvrier peut obtenir une situation d'expert, d'agent du bureau de fabrication, du service de vérification, ou même de contremaître.

Les ouvriers sont assurés de toucher au minimum leur salaire d'affûtage, qui est *progressif*.

En outre, les temps de base de ce système, déterminés après expertise, ne sont jamais abaissés ; les ouvriers en sont informés.

Pour les montages, le système est appliqué, non plus à chaque ouvrier, mais à l'équipe entière de montage. La répartition est établie proportionnellement aux salaires d'affûtage des ouvriers de l'équipe. Chaque mois, il y a une promotion permettant d'élever les salaires horaires des ouvriers les plus capables et les plus actifs dans les équipes ayant fourni des résultats satisfaisants.

Ce système est aussi simple que le tarif aux pièces. Il en est peu différent, mais il présente cependant quelques avantages particuliers et notamment celui d'attacher l'ouvrier à l'usine en rendant son sort, dans une cer-

Digitized by Google

SOCIÉTÉ d _____ Situation Mensuelle fin _____ 19__

ACTIF	Report précédent	Variations du Mois : Ajouter	Variations du Mois : Retrancher	Soldes	Totaux
Valeurs disponibles					
Caisse					
Banques					
Effets					
Valeurs réalisables					
Clients débiteurs					
Actionnaires					
Magasins					
Valeurs engagées					
Travaux en cours : Matières					
Travaux en cours : Main d'œuvre					
Travaux en cours : Frais de fabrication					
Travaux en cours : Débours divers					
Cautionnements					
Avances					
Val. immobilisées					
Terrains					
Constructions					
Aménagements					
Mobilier					
Outillage					
Matériel divers					
Comptes d'ordres					
Comptes à amortir					
Fonds de Commerce					
Brevets					
Etudes					
Frais de constitution					

PASSIF	Report précédent	Variations du Mois : Ajouter	Variations du Mois : Retrancher	Soldes	Totaux
Capital					
Réserve légale					
Fonds de Prévoyance					
Réserve industrielle					
Amortissements					
Constructions					
Aménagements					
Mobilier					
Outillage					
Matériel divers					
Brevets					
Fonds de commerce					
Etudes					
Frais de constitution					
Créances					
Avances de Clients					
Fournisseurs					
Divers					
Frais à payer					
Intérêts à payer					
Coupons échus					
Comptes d'ordres					
Factures à valoir dont le prix de revient n'est pas encore fixé					
Comptes de produits					
Produits bruts sur factures					
Ventes de déchets					
Produits divers					
Profits et Pertes					

Total de l'actif : _____ Total du passif : _____

Situation Commerciale :

Factures du Mois	
Report précédent	
Factures à valoir	
Factures participant au Résultat	

Production (Ordres reçus et Ordres en cours)	Report précédent	Totaux du Mois	Totaux de l'Exercice
A Matières consommées			
B Main d'œuvre			
C Frais de fabrication			
M = A + B + E =			
Coefficient $x = \frac{E}{B}$			
P Frais généraux			
Coefficient $y = \frac{P}{M}$			

Résultat réel	
S Produit brut	
Produits divers	
A déduire	
Profit réel :	

Fig. 19. — Modèle de situation mensuelle.

Digitized by Google

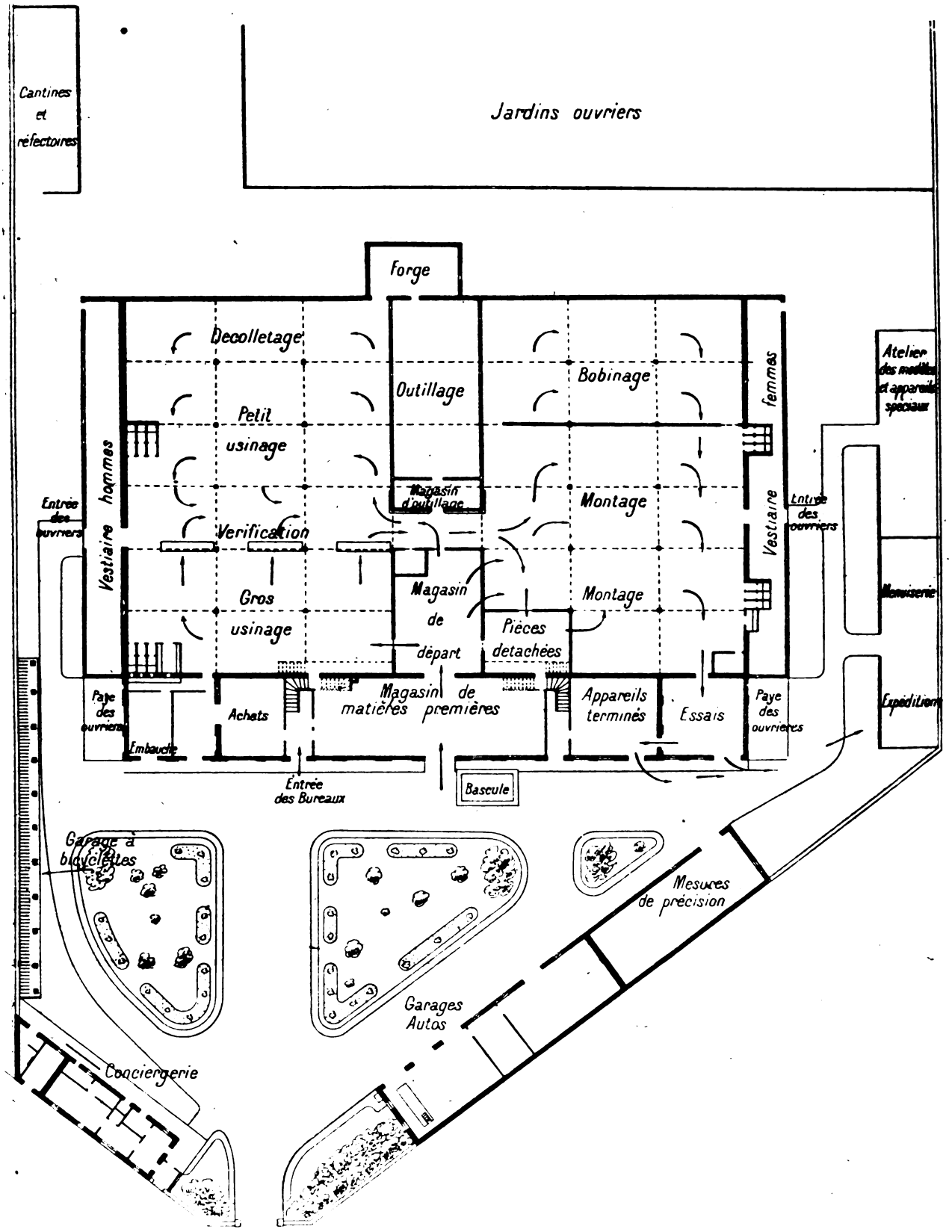


Fig. 20. — Plan de l'usine « Paris-Rhône ».

Digitized by Google

taine mesure, solidaire à la bonne marche du travail, puisque le salaire garanti est progressif pour les bons ouvriers.

Les paiements sont faits une fois par semaine, dès la *sortie* du travail, en dehors des ateliers. On dispose de guichets différents pour les ouvriers, l'attente devant les guichets est courte et se fait à l'abri.

Elle n'excède jamais dix minutes pour 500 personnes à payer.

Si les ouvriers étaient plus nombreux et si la monnaie divisionnaire était rare, il serait avantageux d'employer le procédé de M. Citroën : l'ouvrier reçoit une somme ronde, exemple : 50 fr si on lui doit 53,75 fr et son compte est crédité du solde.

Situation mensuelle. — Ce document doit être le fruit de l'organisation rationnelle de la comptabilité. Avant le 20 de chaque mois, la situation de l'entreprise à la date de fin du mois précédent est établie. Le Conseil d'administration et la Direction sont ainsi informés des résultats d'une manière sérieuse, ils peuvent prendre des décisions.

La lecture de la situation est intéressante à tous les points de vue. Il serait superflu d'insister sur l'utilité de ce document et de le décrire (fig. 19). Il constitue de lui-même, sans plus de commentaires, la synthèse, la conclusion de l'œuvre d'organisation qui vient d'être succinctement exposée.

La figure 20 donne le plan de l'usine où cette organisation a été réalisée.

* * *

Nous n'avons pu exposer, d'une manière complète, un sujet qui porte non seulement sur des questions de méthode, mais aussi sur des détails pratiques très nombreux, heureusement nous savons combien l'ingéniosité de nos compatriotes pourra suppléer à l'insuffisance de nos indications. Il est certain que beaucoup feront mieux que nous-même dans l'adaptation de ces procédés modernes à la petite et la moyenne industrie électrique.

Cependant, nous n'aurons aucun regret d'avoir écrit cet exposé si notre propre expérience, même incomplète, a pu leur fournir des renseignements utiles.

Emile Girardeau.

La deuxième Foire de Lyon

CONGRÈS ET CONFÉRENCES

La manifestation économique de Lyon a été l'occasion d'un congrès et de plusieurs conférences. Le manque de place ne nous permettant pas d'insérer le compte rendu in extenso, nous en donnons une analyse très succincte.

Congrès minier et métallurgique.

M. Robert Pinot, secrétaire général du Comité des Forges de France et de l'Union des Industries métallurgiques et minières, expose la situation minière et métallurgique de la France avant la guerre et montre l'effort considérable qu'elle a dû accomplir depuis l'ouverture des hostilités et les difficultés que l'avenir lui réserve.

De toutes les industries françaises, la métallurgie, au moment de la déclaration de guerre, se trouvait celle qui était le mieux préparée ; dans les dix dernières années, sa production a doublé, puisqu'elle a passé de 2 500 000 à 5 000 000 t. La France occupait, à ce point de vue, le deuxième rang dans le monde, venant avant l'Allemagne et l'Angleterre. Malheureusement, les vicissitudes de la guerre ont fait que la partie la plus importante de notre métallurgique s'est trouvée et est encore prisonnière dans le Nord et l'Est ; il a donc fallu faire un effort énorme pour remédier à cette insuffisance et réussir à doubler la production. Lorsque l'histoire jugera les faits, elle pourra constater que la métallurgie française a été véritablement une bonne et loyale servante de son pays, puisque c'est grâce à elle qu'il nous est permis d'envisager sans inquiétude l'avenir sur le champ de bataille.

Mais s'il appartient à l'histoire de rappeler cela, il s'agit aujourd'hui d'envisager la solution des problèmes économiques en face desquels va se trouver, au lendemain de la guerre, l'industrie métallurgique, par l'attribution à la France de nouvelles frontières.

Il nous apparaît, en effet, comme une nécessité économique que, non seulement l'Alsace-Lorraine, mais encore tout le bassin de la Sarre soit compris dans les nouvelles frontières qui seront données à notre pays ; et comme les frontières économiques ont besoin d'être protégées, il appartient au gouvernement de fixer un glacis, une fortification qui empêchera ces frontières de courir un nouveau péril et que ce glacis nous conduise jusqu'au Rhin.

Ces nouvelles annexions auront pour conséquences de doubler notre production métallurgique, qui passera ainsi de 5 à 10 000 000 t par an. Ce sera pour la France une occasion exceptionnelle de compter parmi les grandes nations industrielles du monde.

Mais, pour faire du métal, il faut du charbon et nous touchons alors à l'une des questions les plus angoissantes de l'après-guerre.

Avant la guerre, nous produisions 40 millions de tonnes de houille, et notre consommation en exigeait 63 millions ; nous étions donc en déficit de 23 millions de tonnes, ce qui représentait une dépense annuelle de

Digitized by Google

583 millions de francs. Ce déficit de 23 millions de tonnes va s'augmenter de 5 millions de tonnes représentant le déficit des nouveaux territoires d'Alsace-Lorraine ; l'annexion du bassin de la Sarre, en excédent de 4 millions de tonnes, nous laisserait en présence du même déficit qu'avant la guerre. Il est donc de toute nécessité que, dans le traité de paix avec l'Allemagne, figure, comme une condition fondamentale, une fourniture annuelle de charbon faite par l'Allemagne à des conditions telles que l'industrie française soit en mesure de concurrencer celle de nos ennemis.

Mais il faudra aussi que nous recherchions et que nous arrivions à trouver en France des richesses minières plus considérables ; il faudra que la loi de 1810 recommence à fonctionner et que de larges concessions et autorisations de recherches soient immédiatement accordées.

La question du charbon ainsi réglée, la métallurgie verra sa production atteindre 10 millions de tonnes ; pour écouler cette production, il est indispensable que le gouvernement anglais accorde à la France un traitement identique à celui dont jouissaient avant la guerre les produits métallurgiques allemands.

D'un autre côté, ne pourrions-nous pas, dans le traité de paix à intervenir avec l'Allemagne, imposer à nos ennemis l'entrée en franchise chez eux de nos produits métallurgiques finis, de façon à démolir leur industrie ?

Telle est la situation qui serait faite à l'industrie métallurgique après la guerre. C'est en s'appuyant sur ces faits que les vœux suivants ont été soumis à l'Assemblée, qui les a adoptés sans observations.

1er *vœu*. — Considérant que, tandis que la production des mines de houilles françaises était en 1913 de 40 millions de tonnes, l'excédent de la consommation nationale sur cette production était, à la même époque, de 23 millions de tonnes et que la France payait de ce chef à l'étranger une somme annuelle de 583 millions de francs ;

Considérant que ce déficit allait croissant chaque année d'environ 2 millions de tonnes ;

Considérant que le retour de l'Alsace-Lorraine dans le sein de la patrie française porterait ce déficit de 23 millions à 31 millons de tonnes, produit de l'excédent de la consommation sur la production de l'Alsace-Lorraine ;

Émet le vœu que le gouvernement français exige du gouvernement allemand dans le traité de paix :

1° L'annexion du bassin de la Sarre qui, en ramenant la France à ses frontières de 1814 et de l'ancienne monarchie, ramènerait le déficit houiller à son chiffre actuel ;

2° La fourniture à l'industrie française, pour une période aussi longue que possible, d'un tonnage déterminé de houille et, ce, dans des conditions telles que d'aucune manière l'industrie française puisse se voir moins bien traitée que l'industrie allemande au point de vue du prix de cette houille.

2e *vœu*. — Considérant que la politique suivie par les pouvoirs publics depuis dix ans, en matière de concessions de mines a eu pour effet d'arrêter systématiquement le fonctionnement de la loi de 1810 et pour résultat d'empêcher toute exploitation nouvelle des richesses de houille et des richesses métallifères contenues dans notre sous-sol ;

Considérant que cette politique a non seulement arrêté l'essor de notre industrie nationale, mais encore a contribué, durant cette guerre, à faire sortir notre or du pays en le forçant d'acheter à l'étranger de grandes quantité de houille et d'acier ;

Émet le vœu que le fonctionnement de la loi de 1810 reprenne immédiatement et que les concessions instruites soient données sans tarder davantage ;

3e *vœu*. — Considérant que, malgré tout ce qui pourra être fait pour développer notre production houillère, notre déficit en charbon ne saurait disparaître ;

Considérant que l'énergie contenue dans les chutes d'eau du domaine privé et du domaine public constitue une ressource importante ;

Émet le vœu que le régime des forces hydrauliques soit rapidement fixé par le législateur et qu'il le soit de telle façon que le développement de cette richesse nationale soit assuré en suscitant vers ces entreprises le concours des activités et des capitaux.

Que l'État s'efforce, par des subventions données aux Sociétés savantes et par des encouragements assurés aux intéressés, de substituer dans les industries, grosses consommatrices de charbon, l'emploi de l'électricité produite par les forces hydrauliques à celui de la houille.

4e *vœu*. — Que le gouvernement se préoccupe de rechercher, de concert avec la métallurgie, les meilleurs moyens pour placer l'excédent disponible de la production française, afin de ne pas voir disparaître, par une réduction fatale de la production, l'occasion unique de pouvoir devenir une grande nation industrielle ;

Que dans les tractations que le gouvernement français poursuit avec le gouvernement britannique, il lui soit accordé par ce dernier que les produits de la métallurgie française obtiennent sur le marché britannique, non seulement un traitement de faveur — ainsi que cela semble résulter des conclusions de la Commission Balfour — mais une situation identique à celle que les produits métallurgiques allemands y rencontraient avant la guerre et que, par conséquent, les produits de la métallurgie française puissent rencontrer, après la guerre, la même situation qu'ils y avaient avant la guerre.

5e *vœu*. — Que les adjudications publiques faites soit par l'État, soit par les grands services publics dépendant de l'État, ne soient ouvertes qu'aux maisons et Sociétés françaises.

L'organisation du crédit en France après la guerre.

(Conférence de M. Fougère.)

M. Fougère, conseiller général du Rhône, envisageant l'avenir économique de notre pays, indique d'abord que notre programme économique, durant de

Digitized by Google

longues années, devra consister à acheter le moins possible et à vendre le plus que nous pourrons; ce sera là affaire de propagande, de volonté et d'énergie. Notre industrie a réalisé, au profit de la France nationale, un effort gigantesque, qui a permis au monde de conserver sa foi dans notre génie créateur; nos moyens de production seront de nature, après la guerre, à nous permettre la reprise de nos exportations et d'affronter avec succès la lutte économique; mais l'organisation du crédit en France est-elle en mesure de répondre à cette reprise spontanée des affaires?

Pour essayer de résoudre cette importante question, M. Fougère étudie successivement l'organisation bancaire de l'Angleterre, de l'Allemagne et des États-Unis, que notre pays trouvera demain sur le chemin de la concurrence.

En ce qui concerne spécialement l'Allemagne, elle a jalonné le monde entier de succursales de banques, faisant précéder partout l'exportateur par l'armateur et le banquier. La plupart de ces banques ont été créées avec l'appui du ministre des Affaires étrangères, leur personnel ne compte aucun élément étranger et la connaissance des langues étrangères étant très étendue, leur permet d'être en relations suivies avec leurs clients; elles facilitent à ceux-ci leur initiative en leur suggérant des débouchés à tenter; enfin, leurs succursales font connaître les ressources de chaque région et les possibilités d'affaires pour chaque catégorie d'exportateurs.

Aux États-Unis, depuis la loi du 3 mars 1914, toutes les banques ont été reliées entre elles et constituent une vaste organisation au capital de 500 millions, dont les réserves atteignent 2 milliards et demi; elles traitent désormais toutes les opérations de banques européennes et se proposent de remplir le rôle de prêteur que l'Europe ne pourra pas remplir de longtemps.

Nous aurons donc là à compter avec de redoutables concurrents.

Or, pour assurer la prospérité industrielle et agricole d'un pays, il ne faut pas que les opérations de banque soient limitées aux opérations d'escompte ou d'avances sur titres. Il faut favoriser la création d'industries nouvelles et l'extension d'industries existantes, et il ne semble pas qu'en l'état actuel des choses ce service puisse être rendu à notre pays. En France, en effet, le crédit a été organisé au profit de la propriété par le Crédit Foncier, à leur tour, le commerce et l'industrie demandent qu'on songe à eux. Il faut donc organiser le crédit au moyen et au petit commerce, à la moyenne et à la petite industrie, le crédit industriel proprement dit et, enfin, le crédit à l'exportation, de façon que le développement de la richesse de notre pays soit en rapport avec le rayonnement de son influence civilisatrice.

Pour y parvenir, M, Fougère estime que le jour où le monde industriel et commercial sera convaincu de la nécessité de la création de banques d'exportation, on trouvera dans notre pays les capitaux propres à les fonder, étant bien entendu que l'appui de l'État et de la Banque de France sera acquis à toute organisation se proposant de favoriser l'exportation.

Il termine en déclarant que l'action régionale et l'action corporative doivent être la base de notre organisation bancaire. La richesse acquise dans une région doit aider la richesse en voie de formation pour le plus grand bien de cette région.

L'enseignement technique.

(Conférence de M. Victor Cambon)

M. Victor Cambon, dont la compétence sur toute question économique est indiscutable, examine d'abord la situation de la France au point de vue de l'enseignement technique supérieur et constate tout de suite que nos grandes écoles techniques ont un enseignement trop théorique. Les Allemands procèdent d'une façon différente : ce n'est que lorsque les élèves sont familiarisés avec la pratique d'une profession, qu'ils en abordent l'étude théorique. Les Américains opèrent de même, mais sur une échelle plus vaste encore : les uns et les autres possèdent dans leurs écoles techniques d'importantes collections d'appareils et de matériaux industriels servant à leur enseignement. Que peut-on penser de notre organisation dans ce domaine, lorsqu'on compare, par exemple, notre Ecole des Mines de Saint-Etienne, dont l'indigence est humiliante, avec les écoles similaires des autres pays!

Nos écoles techniques ne sont pas assez accessibles et leur enseignement doit être orienté dans un sens plus pratique, à l'aide d'expériences mises journellement à la portée des élèves. Rajeunissons aussi le cadre de nos professeurs, car l'industrie évolue avec une rapidité vertigineuse, et ne repoussons aucune compétence, comme on a trop l'habitude de le faire, car cela peut mettre en péril la défense nationale.

M. Cambon montre tout ce qu'ont fait les États-Unis pour l'enseignement technique, et il faut reconnaitre loyalement que c'est la culture allemande qui les oriente dans cette voie. Quiconque veut fonder là-bas un foyer d'instruction est aussi libre que s'il veut fonder n'importe quelle industrie. L'enseignement technique est favorisé de dotations particulières énormes. Ces institutions se présentent toujours sous un aspect imposant, dissimulées dans de vastes parcs, à tel point que, dans aucun pays, les institutions similaires ne sont pourvues d'apanages aussi magnifiques. Les Universités américaines sont aussi libres qu'opulentes, et, si elles sont opulentes, c'est parce qu'elles sont libres. Leur direction appartient, en général, à l'union des anciens élèves diplômés, sortis depuis plus de cinq ans de l'enseignement. Les systèmes d'enseignement adoptés sont ceux consacrés dans le monde entier pour tendre vers les progrès modernes les plus perfectionnés. L'Université considère que l'élève qu'elle forme doit être une force pour la nation.

C'est avec une fougue extraordinaire que les Américains se sont précipités vers l'enseignement technique. L'orateur met en relief l'Université d'Harward, à Cambridge, qui, après celle de Columbia, est la plus impor-

Digitized by Google

tante des États-Unis; elle ne compte pas moins de 13 000 élèves. La spécialisation des élèves est la règle et, naturellement, l'enseignement y est plus expérimental que théorique. Cette Université comporte un vaste compartiment, qui s'appelle « École d'administration des affaires ». Son but est de donner un enseignement complet sur l'organisation des entreprises privées et des affaires publiques. Son programme est très vaste, aussi n'y admet-on que les jeunes gens doués d'une sérieuse instruction. A la sortie, ils reçoivent un diplôme de « maîtres ès directeurs d'affaires ».

M. Cambon examine ensuite les différents cours qui sont faits dans les écoles industrielles, notamment le cours de « développement des usines, système Taylor ». La doctrine de Taylor diffère, en apparence, des procédés courants, mais, en réalité, elle n'a fait que concrétiser les efforts un peu partout dispersés; cette doctrine se dresse contre la routine qui existe dans toutes les usines du monde, où il semblait jusqu'ici que la production ait atteint son maximum; Taylor est venu et il a révélé que, grâce à la réflexion et à la méthode, cette production pouvait être encore considérablement augmentée; il a prouvé à tous que leur production était inférieure à ce qu'elle devait être et que leur insouciance et leur ignorance étaient cause de cette stagnation.

En ce qui concerne la France, cette guerre nous a montré à quels devoirs nous conduit la capacité de savoir commercer et produire. Si nos ingénieurs français avaient la bonne fortune, avec leurs qualités propres, de se voir enseigner les notions qu'on donne dans les écoles américaines, ils deviendraient des maîtres. Voilà pourquoi le Taylorisme, où les États-Unis et l'Allemagne puisent leur puissance industrielle, s'impose aussi bien dans nos écoles publiques que dans nos manufactures.

M. Victor Cambon étudie ensuite les idées directrices de notre enseignement technique et au premier rang de cet enseignement, il place l'étude de la chimie. Dans la plupart des productions industrielles, tout commence par la chimie pour finir par la mécanique. C'est pourquoi, il faut surtout avoir des chimistes de recherches pour permettre notre développement industriel.

L'École de Chimie lyonnaise devrait être developpée, la branche des sciences appliquées devant attirer un plus grand nombre de disciples. Pour cet enseignement les installations doivent avant tout être vastes et extensibles. L'orateur critique l'insuffisance habituelle des locaux de nos écoles et revient sur l'orientation trop théorique que nous donnons à notre enseignement indiquant que l'Amérique et l'Allemagne mettent fréquemment le cinématographe à contribution pour parler aux yeux des élèves.

Après la conférence de M. Victor Cambon, plusieurs vœux sont adoptés concernant la simplification du service douanier et les réformes consulaires;

1° Qu'il soit procédé à une revision de la classification générale des marchandises par industries en consultant les Chambres de commerce et les Syndicats intéressés;

2° Que chaque bureau de frontières possède au moins un agent parlant couramment la langue de la zone frontière et puisse donner tous renseignements aux voyageurs et aux importateurs sur la classification des marchandises et leur taxation;

3° Que les litiges sur la classification soient soumis d'abord à des Comités régionaux et en dernier lieu à Paris;

4° Que le régime des voyageurs et des échantillons soit établi après entente internationale de façon à éviter les divergences d'interprétation aux douanes frontières;

5° Que notre représentation consulaire soit divisée en services consulaires relevant du ministère des Affaires étrangères, plus spécialement chargés de la protection de nos nationaux à l'étranger, en services commerciaux relevant du ministère du Commerce et de l'Industrie et chargés de servir exclusivement nos intérêts commerciaux dans les pays où ils sont installés en fournissant rapports et documentation propres à assurer notre pénétration commerciale;

6° Que les attachés commerciaux soient Français recrutés exclusivement parmi les techniciens du commerce et de l'industrie ou parmi les anciens élèves de nos instituts commerciaux;

7° Qu'ils soient tenus de connaître la langue du pays dans lequel ils exercent leur fonction, qu'ils soient largement rétribués et qu'ils puissent recevoir sur place tout l'avancement de leur carrière, afin que leur expérience soit pleinement utilisée et que notre pays arrive, avec le temps, à être représenté par des hommes qui posséderont, non seulement une connaissance exacte des milieux dans lesquels ils auront vécu, mais qui jouiront par surcroît de la confiance générale qu'ils auront pu mériter par leur intelligence et par leur dévouement.

J. N.

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

Les nouvelles lignes de chemins de fer et l'industrie électrique en Russie

L'auteur étudie dans cet article l'état actuel des chemins de fer russes et les programmes envisagés pour leur développement. Il nous montre qu'actuellement le réseau russe est tout à fait insuffisant pour les besoins militaires et commerciaux de l'immense Russie, tant au point de vue du nombre et de la longueur des lignes qu'au point de vue du matériel roulant. L'ancien gouvernement responsable de cet état des choses avait élaboré un programme à réaliser entre 1917 et 1922 que l'auteur nous expose; il nous montre quel est l'effort considérable à faire pour réaliser ce programme et indique les services que l'électricité pourra rendre pour aider à sa réalisation.

Comme la plupart des pays, même de ceux qui n'ont jamais pris part à la guerre, l'Empire russe souffre beaucoup à l'heure actuelle d'une sérieuse crise de transports. Cette crise était en effet particulièrement à craindre en Russie où les moyens de transport ne correspondent point aux besoins de l'industrie moderne. L'organisation de nouvelles voies de communication, adaptées aux nécessités économiques du pays, préoccupe beaucoup en ce moment tous les milieux de la Russie, et un projet de loi comprenant un vaste programme de construction de nouvelles lignes de chemin de fer pendant la période quinquennale de 1917-1922 vient d'être élaboré par une commission spécialement nommée à cette fin par le Gouvernement.

Ce projet, objet des nombreuses critiques de différentes sociétés techniques a été également examiné par la 6 Section (Électrotechnique) de la Société technique russe qui l'a considéré au point de vue des intérêts de l'industrie électrique, à savoir:

1° Au point de vue de l'appui que les nouvelles usines génératrices d'électricité avec leurs réseaux de distribution de l'énergie électrique pourront apporter à l'exécution de ce projet.

2° Au point de vue de l'électrification des chemins de fer suburbains et des grandes lignes.

Or, pour bien comprendre comment l'exécution de ce projet de construction de nouvelles lignes pourra être secondé par l'industrie électrique, il est indispensable de connaître l'état actuel des chemins de fer en Russie.

LES CHEMINS DE FER RUSSES A LA VEILLE DE LA GUERRE. — Le dernier recueil publié par le ministère des Voies de communication, un peu avant la guerre, montre que vers la fin de 1910, la longueur totale des voies de communication de l'Empire russe s'élevait à 1 076 239 verstes (1), ce qui faisait 57 verstes par 1 000 verstes carrées de surface et 641 verstes par 100 000 habitants.

(1) La verste vaut exactement 1 066,781 m.

Ces voies de communication étaient réparties de la façon suivante:

TABLEAU I.

	LONGUEUR	RAPPORT A LA LONGUEUR TOTALE
	verstes	
Chemins de fer.....	70 319	6 pour 100
Voies d'eau.....	279 709	26 pour 100
Chaussées	33 681	3 pour 100
Routes non pavées.....	692 530	65 pour 100

Les 75 pour 100 de ces voies se trouvaient dans la Russie d'Europe, y formant ainsi 170 verstes par 100 000 habitants. Quant aux voies d'eau, sur les 279 709 verstes aménagées, 182 652 ne pouvaient être utilisées que pour le flottage et 8 792 verstes seulement se prêtaient à la navigation dans les deux sens. L'état des chaussées et des routes non pavées était encore pire. Les routes pavées de pierres ou entretenues en bon état ne formaient, au 1er janvier 1911, que 33 681 verstes, de longueur; les autres se trouvaient dans un état qui rendait difficile le transport des marchandises.

Or, c'est indubitablement le réseau de chemins de fer qui joue le rôle le plus important dans les transports. D'après les dernières années, sa longueur totale s'élevait, vers le 1er janvier 1915, à 59 000 km pour la Russie d'Europe et à 11 707 km pour la Russie d'Asie. Les chemins de fer appartenant à l'État atteignaient 47 583 km et les voies ferrées particulières, 23 124 km.

L'insuffisance quantitative du réseau de chemin de fer russe apparaît avec évidence dans le tableau II qui donne les longueurs des réseaux de voies ferrées dans divers pays, par 100 km² de surface et 10 000 habitants.

Digitized by Google

Tableau II.

PAYS	LA LONGUEUR DU RÉSEAU DE CHEMIN DE FER (EN KM) PAR	
	100 km²	10 000 habitants
Belgique	16,0	6,3
Angleterre	12,0	8,1
Allemagne	11,7	9,4
France	9,4	12,9
Autriche-Hongrie	7,0	9,2
Italie	6,2	4,9
Etats-Unis	4,3	41,8
Canada	0,4	58,3
Australie	0,4	61,2
Russie d'Europe (avec la Finlande)	1,06	4,1
Russie d'Asie	0,07	5,8

Malgré toute l'importance qu'un rapide accroissement du réseau de chemins de fer pourrait avoir pour le développement économique de la Russie, la longueur de ce réseau ne s'accroît que très lentement et sans un plan bien défini. C'est ainsi qu'on n'a construit, de 1890 à 1912, que 8 000 km environ de voies ferrées. Toutefois, pendant les dernières années, l'allure de cette construction est devenue plus rapide et l'on a entrepris celle de 5 360 verstes nouvelles en 1912, de 5 290 verstes en 1913, de 6 470 verstes en 1914 et de 10 530 verstes depuis. Néanmoins la guerre trouva la Russie avec un réseau de voies ferrées tout à fait insuffisant.

Une autre circonstance non moins importante vient s'ajouter à cette insuffisance. Tandis que le mouvement de marchandises et de voyageurs par les chemins de fer russes se développait très rapidement, leur matériel roulant n'augmentait qu'avec lenteur. Leur capacité de transport avait atteint sa limite maximum par conséquent, ce qui devait aussi exercer une certaine influence sur le degré de préparation de ces chemins de fer aux besoins immenses et compliqués de la guerre.

Cependant, le trafic des chemins de fer russes s'était développé rapidement pendant les dernières années. Le poids total des marchandises transportées était monté de 75 850 000 t en 1903 à 131 800 000 t en 1913. Le nombre des voyageurs s'élevait à 117 527 en 1907 et à 173 533 en 1911. Une augmentation si rapide du mouvement, aussi bien de marchandises que de voyageurs, exigeait un accroissement correspondant des frais d'exploitation. Or ce n'était point le cas et les dépenses faites pour l'amélioration et l'extension du réseau de voies ferrées étaient loin d'être accrues dans les mêmes proportions. Elles s'élevaient en effet, pour les lignes de l'Etat, à 198 millions de francs en 1908 et à 232 millions en 1913. Les frais d'acquisition du matériel roulant atteignaient pour les mêmes lignes 127 millions de francs en 1908, 71,5 millions en 1910, 50 millions en 1912 et 98,5 millions en 1913. Il n'y a donc rien d'étonnant à ce que les résultats financiers de l'exploitation des chemins de fer russes aient été aussi brillants que le montre le tableau III.

Tableau III.

Résultats d'exploitation des chemins de fer russes.

	1907	1909	1911	1913
Recette brute (millions de fr.)	2 036,5	2 277,6	2 665,5	3 091,5
Recette brute par verste (milliers de francs)	34,8	38,4	44,1	49,8
Dépense totale (millions de francs)	1 614,1	1 590,1	1 565,2	1 896,1
Dépense totale par verste (milliers de francs)	27,6	27,0	26,2	29,4
Profit net (millions de francs)	422,4	687,5	1 100,3	1 365,4
Profit net par verste (milliers de francs)	7,2	11,4	17,9	20,4
Coefficient d'exploitation	79,5	70,0	59,5	59,0

En considérant isolément les chemins de fer de l'État nous obtenons un tableau plus clair encore de la situation florissante de leurs finances pendant les dernières années, lorsque le ministère de Roukhlov faisait triompher (depuis 1909), sa politique de l'économie. En effet, pendant la période quinquennale de 1900 à 1904, la recette brute du réseau de l'Etat s'était accrue de 25,6 pour 100 et ses dépenses de 38,6 pour 100; de 1904 à 1909, ces accroissements ont été de 12,7 pour 100 pour les recettes et de 25,4 pour 100 pour les dépenses. Mais, pendant les cinq années suivantes, de 1909 à 1913, on observe un brusque changement, car l'accroissement de la recette atteint, par suite de l'élévation des tarifs, 38,5 pour 100, tandis que celui des dépenses ne s'élève plus qu'à 12,5 pour 100.

Cependant, cet état financier brillant ne fut obtenu qu'au détriment de la qualité du réseau de chemin de fer, ce qui se fit sentir bientôt après la déclaration de guerre.

Influence de la guerre sur l'exploitation des chemins de fer russes. — Après avoir assez bien répondu aux exigences de la mobilisation et de la concentration de l'armée, les chemins de fer russes continuèrent, pendant quelque temps, à fonctionner assez régulièrement sans faire preuve d'une désorganisation spéciale. Et, si quelques signes de cette dernière apparaissaient déjà à cette époque, ils passaient relativement inaperçus, grâce à l'accalmie économique qui accompagnait les premiers mois de guerre. Mais la situation empira brusquement au milieu de l'année 1915. La retraite de l'armée russe joua un rôle dans ce changement par suite de la perte d'un grand nombre de stations terminales avec tous les accessoires, qui avaient une grande importance pour le mouvement régulier sur les lignes entières, et de la nécessité d'évacuer les usines, les marchandises et les réfugiés des régions envahies.

Toutes ces causes apportèrent dans les transports une certaine désorganisation. La situation fut empirée encore par la présence à la tête du personnel d'hommes peu compétents, placés à ces postes élevés, non pour leurs connaissances techniques ou leur expérience, mais uniquement à cause de leurs opinions politiques. Enfin, l'absence d'un pouvoir unique, dirigeant d'après un plan bien défini le mouvement des chemins de fer, joua un

Digitized by Google

grand rôle dans la crise de ces derniers pendant la guerre. Et quoique la conférence spéciale des transports se soit prononcée encore, vers le milieu de 1915, pour la nécessité d'une direction unique, cette dernière continue jusqu'ici à être divisée entre les différents départements et le ministère des Voies de communication n'a pas encore réuni en une seule les activités de toutes les organisations qui ont trait au transport par chemin de fer.

En présence de toutes ces circonstances, il n'est pas étonnant que la désorganisation ait atteint des dimensions aussi considérables, ni qu'elle ait préparé le terrain pour les abus des différents agents de chemin de fer. Dans son discours prononcé à la Douma le 15 mars 1916, le député Guertzenvitz souligna avec force aussi bien cette désorganisation que les abus qui en découlent. Il signala entre autres « d'énormes réserves qui suffiraient pour 150 000 wagons attendant leur tour, des centaines de stations refusant toutes marchandises et le désordre complet du mouvement de voyageurs qui s'interrompt parfois totalement sur les grandes lignes ».

Le bassin houiller du Donetz ne pouvait pas exporter toute la houille extraite, les capitales et les grandes villes ne recevaient pas en quantité suffisante les articles de première nécessité, les fabriques et usines n'avaient pas de matières premières nécessaires à leur travail — tout cela, non seulement à cause de l'insuffisance de wagons, mais encore par suite de la mauvaise utilisation de ceux dont on pouvait disposer. Certes, avec le temps, quelques inconvénients les plus anormaux disparurent peu à peu mais, jusqu'à présent, la Russie ressent fortement l'influence néfaste de la crise de transports par chemins de fer.

La recette brute des chemins de fer russe n'a pas subi de grande diminution, même au début de la guerre, lorsque la vie industrielle et commerciale du pays ne s'était pas encore adaptée aux nouvelles conditions et que maints industriels et commerçants, dans l'attente de la fin prochaine de la guerre, s'abstenaient de déployer une grande activité.

Ainsi, pendant l'année 1914, avec six mois de guerre, la recette des chemins de fer particuliers a atteint 890 millions de francs, au lieu de 882 millions l'année précédente. Quant aux chemins de fer de l'État, la recette brute du réseau asiatique resta également sans changement (289 millions de francs), tandis que celle du réseau européen diminua de 140 millions de francs (1910 millions en 1913 et 1770 millions en 1914). Mais cette diminution fut produite surtout par les lignes rapprochées du front ou situées dans la zone même des actions militaires, telles que les lignes de Varsovie-Vienne (diminution de 38 millions de francs), du bassin de la Vistule (26,6 millions), de Nord-Ouest (32 millions), de Sud-Ouest (16 millions), de Transcaucasie (18,6 millions).

La situation ne changea que faiblement pendant la première moitié de 1915, grâce au fonctionnement régulier du réseau asiatique. Mais la recette brute des chemins de fer russes s'accrut sensiblement pendant le second semestre de cette année. Enfin, pendant le premier trimestre de 1916, elle a presque atteint le chiffre de l'avant-guerre, c'est-à-dire 805 millions de francs contre 825 de la période correspondante de 1914.

Les projets de construction des nouvelles lignes. L'importance d'un réseau de chemin de fer étendu et bien outillé a été montrée, une fois de plus, par la guerre actuelle. L'insuffisance du réseau russe a été, selon l'avis d'éminents économistes, une des causes les plus importantes de la défaite russe en 1915 et des difficultés d'approvisionnements dont la Russie souffre à l'heure actuelle.

La question d'extension du réseau de chemins de fer russe intéressait déjà, bien avant la guerre, les milieux industriels et commerciaux de la Russie. De nombreux projets de nouvelles lignes ont été présentés sans qu'on leur ait souvent donné suite. Enfin, à la veille de la guerre, le gouvernement a nommé une commission spéciale, chargée d'envisager les projets soumis par les intéressés et d'en élaborer d'autres. La guerre ayant montré l'importance d'un grand réseau de chemins de fer, la Commission dut se guider par les exigences nouvelles, aussi bien dans la revision des anciens projets que dans l'étude des nouveaux.

Elle a terminé récemment ses travaux par l'élaboration d'un vaste programme de construction de nouvelles lignes pendant les cinq années à venir (1917-1921). Le Conseil des ministres proposa à la Douma d'allouer les crédits nécessaires à l'exécution de ce programme qui s'élèvent au total à 7 950 millions de francs c'est-à-dire à 1 590 millions de francs par an. Selon les calculs du Gouvernement, cette somme permettra la construction annuelle de 4 000 verstes de voies ferrées.

En outre, les chemins de fer particuliers auront à construire annuellement 2 000 verstes, portant ainsi l'accroissement annuel du réseau à 6 000 verstes et la dépense annuelle correspondante à 2 395 millions de francs.

Ce vaste plan soulève deux questions importantes : la recherche des capitaux nécessaires, et l'adaptation de l'industrie russe à l'exécution d'énormes commandes de chemins de fer. Suivant les calculs approximatifs, chaque 6 000 verstes de nouvelles voies ferrées à créer annuellement exigeront 570 000 t de rails. En y ajoutant les réparations et les renforcements des lignes déjà existantes, la quantité de rails, exigée annuellement, s'élèvera à 885 000 t. Or, avant la guerre, les usines russes ne pouvaient en fournir que 573 000 t par an. La demande annuelle de joints pour les anciennes et les nouvelles lignes formera 250 000 t, alors que leur production annuelle ne dépasse pas 164 000 t. Il faudra, chaque année, 40 000 wagons de marchandises pour les lignes existantes et 50 000 pour les lignes nouvelles. Or, leur production actuelle ne s'élève en Russie qu'à 30 000 wagons par an. Il faudra, annuellement 3 000 wagons de voyageurs, dont les usines actuelles ne fabriquent que 1 300 à 1 600, et 3 000 locomotives, alors que leur production n'atteint en ce moment que 900. Enfin, on aura

Digitized by Google

besoin chaque année de 150 000 t de bandages de roues, et la production actuelle varie entre 40 000 et 80 000 t. En somme, la production des usines devra être au moins doublée, ce qui exigera la construction de nouvelles usines et, par suite, l'emploi de capitaux considérables.

L'extension du réseau de chemins de fer russe exige, en même temps, le perfectionnement du réseau de routes et notamment de celles aboutissant aux nouvelles gares, car, comme l'affirment certains économistes, chaque kilomètre de voie ferrée nécessite un kilomètre de routes. Ainsi, l'exécution du projet de construction de nouvelles lignes de chemins de fer entraînera-t-il de nombreuses transformations.

Il est difficile de prévoir actuellement jusqu'à quel point les capitaux étrangers contribueront à cette besogne. En tout cas, il est évident que la Russie doit faire un effort maximum pour exécuter la plus grande part possible de ce programme par ses propres forces. Car il s'agit, non seulement de créer et d'outiller de nouvelles usines métallurgiques, mais encore d'augmenter fortement et rapidement l'extraction de la houille et du minerai de fer.

Or, pour fabriquer le matériel nécessaire à l'exécution de ce programme, il faudra créer de nouveaux centres métallurgiques, car, comme nous l'avons vu, les usines existantes ne pourront pas suffire à la besogne. La question de l'extension du réseau des chemins de fer se trouve ainsi intimement liée à l'utilisation des ressources naturelles du pays. De nombreuses mines, dont les plus importantes sont le bassin houiller de Kouznetzk, supérieur en capacité à celui du Donetz, les mines de fer de Telbesk, semblables à celles de Krivoï-Rog, les houillères d'Abakansk, les houillères, les mines de fer et autres du Caucase, de l'Oural méridional, etc., attendent pour être exploitées que ces régions soient traversées par les chemins de fer. L'utilisation des chutes d'eau et des combustibles de basse qualité et la création des grandes lignes de distribution de l'énergie électrique exerceront également, comme nous le verrons plus bas, une grande influence sur le caractère du dernier programme de construction de nouvelles lignes.

Mais, tant que les nouveaux centres métallurgiques ne sont pas créés, il est indispensable de porter au maximum la productivité des anciens, afin de favoriser la construction de nouvelles usines. Pour arriver à ce résultat, on propose diverses mesures, le plus souvent analogues à celles utilisées par d'autres pays belligérants, qui doivent permettre l'expansion rapide de l'industrie nationale.

Le nouveau programme de l'industrie électrique. — Le projet de construction des nouvelles lignes de chemins de fer en Russie ne représente, à l'heure actuelle, qu'une base de discussion pour les organes législatifs. Aussi l'étude détaillée de ce projet, qui peut encore être radicalement changé, ne semble pas pratique. D'autre part, comme les usines métallurgiques russes ne pourront pas fournir de matériaux nécessaires à l'exécution de ce vaste projet, il est indispensable, suivant l'avis de la commission gouvernementale :

1° D'augmenter la productivité des usines métallurgiques existantes et d'en créer de nouvelles;

2° De réorganiser l'instruction dans les écoles de voies de communication et de fonder au moins encore une école supérieure de même genre, ainsi que de nombreuses Écoles techniques secondaires qui puissent préparer un assez grand nombre de techniciens ayant des notions suffisantes.

Dans la réunion plénière du 7/20 octobre dernier de la section électrotechnique de la Société technique russe, M. Ossadtchi, président de la section, a envisagé ce programme au point de vue de l'industrie électrique et s'est arrêté notamment sur les conditions préalables qui devront être remplies pour permettre la réalisation du projet.

La première condition indispensable à la réalisation du projet de construction de nouvelles lignes de chemins de fer est la production de la force motrice nécessaire au fonctionnement des nombreuses usines et ateliers et à l'exploitation des chemins de fer. Elle pourra être remplie lorsque la production rationnelle de l'énergie électrique aura lieu à proximité des sources de combustibles (houillères, tourbières, etc.) et que la force hydraulique sera utilisée le plus largement possible. Cela pourra être fait par les diverses usines génératrices d'électricité situées dans chaque région industrielle qui travailleront dans les meilleures conditions et alimenteront un réseau commun.

L'utilisation des nouveaux moyens de transport de l'énergie électrique à grande distance, qui remplacera le transport par chemins de fer des combustibles, source première de l'énergie, pourra radicalement changer l'ampleur et le caractère même de la partie du projet concernant les chemins de fer houillers destinés à satisfaire la demande du combustible des régions industrielles. D'autre part, de nouveaux centres industriels pourront être créés dans le voisinage des chutes d'eau par exemple, et l'industrie électrochimique pourra être d'un appoint sérieux dans la fourniture aux chemins de fer de métaux produits par les procédés électrolytiques.

Contrairement à une opinion généralement admise, la Russie est très riche en forces hydrauliques dont la puissance est évaluée à 11 millions de chevaux.

La plus grande partie de l'énergie hydraulique est développée par les cours d'eau du Caucase, de la Sibérie et de la région transcaspienne. Cependant, la Russie d'Europe, avec ses 24 cours d'eau, renferme une puissance de 1 million de chevaux-vapeur environ. On estime que les chutes et rapides des fleuves du nord-ouest de la Russie peuvent fournir: Volkhov, 30 000 à 50 000 ch ; Msta, 30 000; Narova, 40 000 à 70 000 et Dvina occidentale 120 000.

De grandes sources d'énergie existent également au Nord, dans la région d'Olonetzk (Souma, 10 000 à 20 000 ch ; Vig, Soukhona, Vitegra) et dans les bassins des fleuves qui se jettent dans l'océan Glacial arctique.

Digitized by Google

Les fleuves Tchoussovaïa et Belaïa et les Étangs des Montagnes du massif de l'Oural, ainsi que les cours d'eau du plateau de Valdaï, contiennent aussi des quantités considérables d'énergie. Au Sud et au Sud-Ouest, on trouve les chutes de Dniéper (120 000 à 200 000 ch), les rapides du Dniester et du Boug méridional.

Malheureusement, la force hydraulique de ces cours d'eau est utilisée d'une manière insignifiante par comparaison avec les autres pays d'Europe et d'Amérique, couverts d'un réseau d'installations hydrauliques qui produisent dans les principaux États d'Europe plus de 3 500 000 ch.

C'est seulement en Finlande que l'utilisation de l'énergie hydraulique est très développée; dans le reste de la Russie nous ne trouvons guère à signaler comme exploitée, que la chute de Narve, et encore l'est-elle imparfaitement. Les stations électriques de quelque importance sont en petit nombre (quelques dizaines seulement) et leur puissance dépasse rarement quelques centaines de chevaux.

La plupart des stations hydrauliques de la Russie sont destinées à assurer le fonctionnement de petites fabriques, usines, scieries, etc., et ne produisent que quelques dizaines de chevaux. Mais, par contre, leur nombre est très considérable. Une enquête, faite en 1910, par la Société technique russe évalue à plus de 250 000 ch la puissance totale de toutes les stations hydrauliques de l'Empire russe. Les petites stations composent 80 pour 100 de ce nombre. Il est vrai que ces dernières, non seulement ne restent pas stationnaires, mais font, au contraire, preuve d'un développement incessant. Les méthodes perfectionnées se substituent aux moyens primitifs ; l'importation des turbines hydrauliques augmente par conséquent, ainsi que leur construction en Russie. La puissance de celles qui y sont construites annuellement, qui ne dépassait pas 2 000 ch en 1900, s'est élevée, pendant les dernières années, à 7 000 ch.

Or les usines hydro-électriques existantes se développent trop lentement par rapport à la croissance de la demande de la force motrice. Une plus large utilisation des chutes d'eau et l'aménagement des nouvelles usines sur une grande échelle s'imposent à l'heure actuelle.

Avant de se prononcer sur l'opportunité des nouvelles lignes houillères, il est donc nécessaire d'évaluer préalablement la puissance des usines hydrauliques qui pourront être construites dans un très bref délai, et de déterminer l'emplacement exact aussi bien de ces usines que des réseaux de distribution de l'énergie électrique correspondants.

Il est non moins important de faire une évaluation analogue des tourbières situées dans la plupart de ces endroits pauvres en forces hydrauliques.

Enfin, dans certains cas, il sera avantageux de construire des usines génératrices d'électricité à proximité des houillères, afin d'utiliser les charbons de basse qualité, trop friables pour supporter le transport.

La question de l'électrification des chemins de fer se pose en Russie de même que dans les autres pays. Il en est ainsi, surtout de l'électrification des services suburbains des grands centres industriels qui auraient permis une exploitation plus intense, sans augmentation du nombre de voies ferrées et d'ouvrages de chemins de fer.

L'accélération de la marche des trains, l'augmentation de la capacité des stations terminus, une grande élasticité dans l'organisation des trains, une plus grande fréquence de leurs départs, tels sont les avantages bien connus qui favorisent l'extension rapide de l'électrification des chemins de fer, comme le montrent les exemples des Etats-Unis, de l'Angleterre, de la Suisse, de l'Italie, etc., et qui obligent d'étudier sérieusement cette question en envisageant le nouveau programme de l'extension du réseau de chemins de fer en Russie.

En ce qui concerne le personnel, on croit que ce programme exigera chaque année l'adjonction de 50 nouveaux ingénieurs-électriciens ayant fait des études spéciales sur l'application de l'électricité aux chemins de fer. Cette spécialisation est d'autant plus nécessaire qu'on peut établir actuellement une distinction nette entre les connaissances électrotechniques qu'on exige des ingénieurs des chemins de fer et celles que doivent posséder les ingénieurs travaillant dans l'industrie électrique.

M. Ossadtchi trouve qu'il serait utile d'organiser, dans les écoles des voies de communication, des sections électrotechniques spéciales, douées d'un programme d'enseignement correspondant aux exigences nouvelles.

Quant aux techniciens avec instruction électrotechnique secondaire leur nombre s'accroît chaque année de 150 seulement. La création de nombreuses écoles techniques secondaires est donc nécessaire.

Parmi les nouvelles questions soulevées par le programme de l'extension du réseau de chemin de fer, celle d'admission des femmes dans les écoles techniques supérieures et secondaires a une grande importance. M. Ossadtchi est d'avis que cette question doit recevoir une solution affirmative.

L'exemple des chemins de fer russes montre clairement à quel point les vastes problèmes, soulevés par la guerre, touchent de près les intérêts les plus divers. Les applications industrielles de l'électricité, en particulier, vont jouer un rôle important dans le relèvement économique d'après la guerre. Il importe donc que toutes ces questions soient traitées et discutées, dès à présent, par les électriciens qui pourront ainsi découvrir plus facilement le nouveau champ d'activité qui s'ouvre devant l'industrie électrique.

J. Vichniak.

Digitized by Google

Assemblées générales

Société française de chaleur et lumière.

Assemblée générale ordinaire du 14 décembre 1916.

Le chiffre d'affaires de l'exercice a été, pour la Société, de 914559 fr, en augmentation de 406558 fr sur l'exercice précédent; le bénéfice net a été de 62023 fr après déduction des amortissements habituels de la réserve légale, et il a permis, après deux exercices stériles, de reprendre la distribution d'un dividende de 6 pour 100 aux actions.

Le bilan du 30 juin 1916, avant amortissements, se présente comme suit :

Bilan au 30 juin 1916.

Actif.

	fr
Brevets	100 000 »
Agencement matériel et mobilier	92 000 »
Frais d'établissement	1 000 »
Modèles	1 000 »
Frais d'études	1 000 »
Frais de constitution	539 143,99
Créances litigieuses	1 000 »
Cautionnements et loyers d'avance	17 343,25
Débiteurs divers	148 734,72
Titres	252 000 »
Caisses	12 326,29
Banquiers	41 973,36
	1 203 526,61

Passif.

	fr
Capital social	1 000 000 »
Réserve légale	21 361,15
Fonds de prévoyance	20 000 »
Dividendes nos 3, 5 et 6	1 099,64
Créanciers divers	97 329,57
Profits et pertes de l'exercice	62 023,86
Report de l'exercice 1914-1915	1 711,39
	1 203 526,61

Société des tramways d'Amiens.

Assemblée générale ordinaire du 6 mars 1917.

Le compte général d'exploitation, au 31 décembre 1916, présente comme recettes d'exploitation 1030619 fr contre 793655 fr en 1915, avec des recettes totales se montant à 1051690 fr contre 808507 fr pour l'exercice précédent; les recettes pour 1916 ont dépassé celles de 1913 qui avaient été de 891246 fr, et elles sont même supérieures à celles qui auraient été normalement atteintes par l'augmentation annuelle avant la guerre.

Mais, par suite notamment de la hausse des prix du charbon et de l'élévation des salaires de la main-d'œuvre, les dépenses d'exploitation ont augmenté aussi très considérablement et elles ont passé de 457842 fr en 1915 à 852055 fr en 1916, laissant un bénéfice d'exploitation de 469634 fr contre 350665 fr pour l'année précédente.

Le Conseil a jugé prudent, en raison des circonstances, d'attribuer, en dehors de la réserve légale, une somme de 86711 fr à la réserve extraordinaire, et au compte provision, pour réfections après la guerre, 42500 fr, montant des travaux d'entretien qu'il a été impossible d'exécuter à Amiens mais qui devront être faits plus tard sous forme de réfections.

Les 8000 actions ont reçu un intérêt de 3,5 pour 100, soit 27,50 fr dont 10 fr avaient été distribués à titre d'acompte en octobre dernier.

Le reliquat des exercices 1915 et 1916, soit 12413 fr, a été reporté à nouveau.

Bilan au 30 décembre 1916.

Actif.

	fr
Dépenses d'établissement du réseau :	
Immeubles	249 665,22
Usine	715 754,17
Voies anciennes et nouvelles, ligne aérienne, feeders, etc.	2 972 486,86
Indemnités et frais divers	178 438,65
Voitures électriques et de remorque, dépôts, ateliers et stations	1 155 209,50
Caisse et banquiers	116 105,46
Portefeuille	512 302,55
Approvisionnements divers	128 639,39
Comptes d'ordre	10 643,50
Acompte sur le dividende de l'exercice 1916	80 000 »
	6 119 245,30

Passif.

	fr
Capital :	
8 000 actions de 500 fr.	4 000 000 »
Obligations :	
Obligations anciennes	126 000 »
Obligations nouvelles	783 000 »
Réserve statutaire	168 983,26
Amortissement par remboursement des obligations	91 000 »
Réserve extraordinaire	228 901,95
Compte de dépréciation	125 000 »
Dépôts divers	9 888,25
Créditeurs divers	101 179,74
Profits et pertes	385 292,10
	6 119 245,30

Digitized by Google

Revues, analyses et informations

Chambres de Commerce.

Assemblée générale des Présidents des Chambres de Commerce. — Les présidents des Chambres de Commerce, réunis en assemblée générale à Paris, viennent d'émettre plusieurs vœux dont nous donnons les principaux :

Augmentation de la flotte commerciale. — Que le Parlement inscrive à son ordre du jour, le plus rapidement possible, le projet de loi sur l'augmentation de la flotte de charge française, et fournisse largement aux armateurs français les avances prévues au projet ;

Que, en attendant l'effet de cette législation, le Gouvernement facilite, par tous les moyens dont il dispose, l'achat ou l'affrètement en « time charter » par les armateurs ou les importateurs des bateaux appartenant à des étrangers ;

Qu'il rende possible la remise en activité immédiate des chantiers de constructions navales français en leur permettant de s'approvisionner de matières premières et de main-d'œuvre, et qu'il favorise leur développement dans l'avenir ;

Que, dans le traité de paix, il soit stipulé que les navires marchands français qui ont été coulés par nos ennemis seront remplacés par des navires de même nature prélevés sur la flotte de commerce allemande.

Reconstitution des régions envahies. — Que toutes les dispositions matérielles utiles au relèvement industriel des régions envahies soient prises dès maintenant en vue de constituer, par l'intermédiaire d'un organisme central ayant à la fois la compétence technique indispensable, la liberté de décision et la souplesse d'exécution nécessaires, les approvisionnements de matières premières, produits industriels et outillage, destinés à la remise en marche des usines et à l'exploitation agricole, au fur et à mesure de l'évacuation du territoire ;

Que tous les moyens financiers nécessaires soient mis sans délai, sous forme d'avances à valoir sur les indemnités, à la disposition de l'organisme créé, d'accord avec le gouvernement, par l'Association centrale pour la reprise de l'activité industrielle dans les régions envahies, pour préparer la reconstitution de l'industrie des régions envahies.

Frets des charbons. — Considérant que la taxation des frets pour les transports des charbons a eu pour effet de détourner les armateurs de cette nature de transports, émet le vœu : que le gouvernement français s'entende avec le gouvernement anglais pour supprimer la taxation des frets en ce qui concerne les charbons.

Chambre de Commerce de Lyon. — A la séance du 28 mars, à laquelle assistait M. Clémentel, ministre du Commerce, la Chambre de Commerce a discuté, entre autres questions, celle des prohibitions d'importation de produits étrangers. Le ministre a déclaré formellement à la Chambre que des dérogations générales comprenant la plupart des matières premières allaient incessamment être accordées, soit avec importation absolument libre, soit avec un contingent fixé trimestriellement.

Chambre de Commerce de Nancy. — Sous les auspices de la Chambre de Commerce deux conférences vont être données à Nancy, l'une par M. Floquet, doyen de la Faculté des Sciences sur les « Instituts techniques de l'Université », l'autre, par M. Jean Buffet, ancien inspecteur des finances, membre de la Chambre de Commerce, président de la Société Nancéienne de Crédit industriel et de dépôts sur l'« organisation financière de demain et le rôle de la banque régionale ».

Dans sa dernière séance, la Chambre de Commerce a émis le vœu que le texte de la loi sur la réparation des dommages de guerre, votée par la Chambre des députés, soit rendu plus clair et accessible à tous les intéressés.

Chambre de Commerce d'Epinal. — A la suite du rapport de M. Juillard-Hartmann, vice-président de la Chambre de Commerce, sur la situation critique de l'industrie textile régionale, provoquée par les circonstances actuelles qui ne lui permettent pas de lutter avantageusement contre la concurrence étrangère, la Chambre de Commerce demande au ministre du Commerce de venir en aide à cette industrie en usant des droits que lui confère la loi du 11 mai 1916.

Le rapport sur le tarif douanier indo-chinois, établi aussi par M. Juillard, indique que l'industrie textile alsacienne comprend 45 000 métiers, 1 500 000 broches et 150 machines à imprimer (contre 140 en France).

Chambre de Commerce de Troyes. — La Chambre de Commerce s'élève contre la proposition de loi de M. Denais, tendant à établir un impôt de 1 pour 100 sur les acquits de toute nature, car elle estime que l'adoption de cette loi serait désastreuse pour le commerce de la région.

Relèvement des tarifs d'électricité à Dijon.

Dans le numéro du 10 février, nous avons eu l'occasion de signaler le relèvement des tarifs de vente de l'électricité aux services municipaux d'Amiens. La « Revue municipale » du 16 au 31 mars fait connaître un autre cas de relèvement de tarifs qui s'est produit à Dijon dans les conditions indiquées ci-dessous :

A la date du 25 août 1915, le Conseil municipal de Dijon décidait d'allouer à la Société dijonnaise d'électricité une indemnité journalière de 7 fr. à charge par elle, d'entretenir en bon état le matériel d'éclairage public, non utilisé en raison de la suppression de cet éclairage par ordre de l'autorité militaire.

Il était entendu que cet arrangement se continuerait jusqu'au 1er novembre 1915, date à laquelle la Société d'électricité reprendrait sa liberté d'action.

Ladite Société, pensant que la guerre serait de courte durée, s'était contentée de réclamer cette seule indemnité d'entretien ; mais, plus tard, en raison de la longueur des hostilités et par suite de la continuation de la suppression de l'éclairage public, elle émit la prétention d'obtenir une indemnité plus forte, basée sur le préjudice que lui causait la non-exécution du traité, en date 9 septembre 1911, concernant l'éclairage public.

Elle fixait à 25 fr par jour le montant de l'indemnité qu'elle réclamait à la Ville, cette somme représentant ses frais généraux d'intérêts, d'amortissement et d'entretien du matériel de production immobilisé par la Ville.

A la date du 30 décembre 1915, le Conseil repoussait cette demande comme mal fondée, et, à titre de conciliation,

Digitized by Google

il offrait à ladite Société de proroger le contrat en cours pour une période égale à la durée de l'interruption résultant de la mesure prise par les autorités municipale et préfectorale sur l'ordre impératif de l'autorité militaire.

Cette proposition n'ayant pas été acceptée, le directeur de la Société d'électricité déposait au Conseil de préfecture, à la date du 21 mars 1916, une requête introductive d'instance aux fins de paiement par la Ville d'une indemnité journalière de 25 fr.

Le Conseil estimait qu'il y avait lieu de s'en tenir à l'offre déjà faite et autorisait le maire à ester en justice à l'effet de défendre à l'instance engagée.

D'autre part, la Société d'électricité, se basant sur les mêmes motifs invoqués par la Compagnie du Gaz a demandé :

1° De porter de 0,50 fr à 0,60 fr le prix du kilowatt-heure lumière qu'elle fournit à la ville ;

2° De porter de 0,16 fr à 0,20 fr le prix du kilowatt-heure force motrice qu'elle fournit à l'abattoir.

Ces changements dans les conditions des contrats ont semblé exagérés et le maire a été chargé de se mettre en rapport avec la Société afin de discuter ses prétentions et d'arriver à un arrangement amiable.

Après diverses entrevues et discussions avec le directeur et les administrateurs de la Société, les parties en présence sont tombées d'accord sur les bases suivantes :

Sur le premier point, la Société dijonnaise d'électricité consent à réduire de 25 fr à 12 fr par jour le montant de l'indemnité à lui allouer pour la non-exécution du contrat d'éclairage public.

Le paiement de cette indemnité journalière de 12 fr partira du 1er novembre 1915.

Ladite Société abandonne sa demande d'augmentation sur le kilowatt-heure lumière, dont les prix restent fixés conformément aux conditions du contrat d'abonnement du 13 octobre 1909.

En ce qui concerne l'augmentation du prix du kilowatt-heure force motrice fourni à l'abattoir, la Société consent à réduire sa demande primitive de 2 centimes. Le prix à payer dorénavant sera donc de 16 ± 2, soit 18 centimes le kilowatt-heure.

Cette augmentation de 2 centimes est celle que cette Société a réclamée à tous ses clients qui l'ont acceptée par voie amiable.

L'avance de l'heure et les entreprises de production de l'électricité en Suisse.

Bien que l'avance de l'heure en été présente en Suisse relativement peu d'intérêt puisque ce pays a adopté l'heure de l'Europe centrale, la pénurie de charbon avait cependant fait envisager la possibilité d'une prescription de ce genre. Aussi une enquête fut-elle ouverte en vue de rechercher les avantages et les inconvénients d'une telle prescription. Il semble que les inconvénients aient été plus grands que les avantages car, récemment, le Conseil fédéral, sur la proposition du département de l'Intérieur, a repoussé l'introduction de l'heure d'été.

Les raisons invoquées par les entreprises suisses de production et de distribution d'énergie électrique n'en sont pas moins intéressantes à connaître. Voici comment elles sont résumées dans le « Bulletin de l'Association suisse des Electriciens » de mars dernier : l'économie porte presque entièrement sur la lumière artificielle qui est en grande partie produite par des entreprises hydro-électriques, ce que les consommateurs économisent est autant de moins que les centrales livrent, et, étant donné le surcroît d'énergie pendant ces mois d'été, elles ne savent que faire de l'énergie économisée. Il n'y a donc pour l'ensemble de la Suisse aucun avantage, et il ne s'en irait pour cela pas moins d'argent à l'étranger. L'économie de lumière ne serait du reste pas aussi grande que pour d'autres pays possédant des villes importantes. Des études spéciales basées sur les diagrammes de centrales suisses ont montré que l'économie serait environ de 5 — 7 pour 100 (variable suivant les endroits). Il faudrait en outre, en cas d'introduction de l'heure d'été, introduire également des ordonnances ayant force de loi et suivant lesquelles toutes les indications de l'heure contenues dans les contrats relatifs à la fourniture d'énergie électrique et qui se rapportent à l'heure absolue, c'est-à-dire à l'heure solaire réelle (par exemple compteurs à double tarif, heures d'interdiction d'utilisation pour certaine forme d'énergie) seraient automatiquement et équitablement modifiées ; il en résulterait sinon des situations anormales et inattendues.

L'interdiction du travail de nuit et les fours électriques de boulangerie et de pâtisserie en Suisse.

Par suite de la crise économique provoquée par la guerre, la Suisse a dû se préoccuper des mesures propres à diminuer la consommation des céréales. Parmi ces mesures, l'interdiction de la cuisson du pain pendant la nuit a été envisagée afin de mieux empêcher la vente de pain frais.

Mais il se trouve que, depuis quelques années et particulièrement depuis l'ouverture des hostilités, un certain nombre de boulangers et un plus grand nombre de pâtissiers ont adopté le chauffage électrique par suite des tarifs très bas que les Compagnies de distribution d'électricité ont pu leur accorder à la condition que ces fours ne fonctionnent qu'en dehors des heures d'éclairage.

Aussi l'Union des Centrales suisses s'est-elle préoccupée de la question et a-t-elle adressé au Département de l'Economie politique une requête dans laquelle elle demandait une exception en faveur des fours chauffés électriquement, faisant valoir que ce mode de chauffage procure une économie de charbon qui n'est pas à dédaigner dans les circonstances actuelles et qu'il n'est cependant économiquement possible que s'il est réalisé la nuit. Une note, publiée dans le « Bulletin de l'Association suisse des Electriciens » de mars dernier, indique que l'Union n'a obtenu que satisfaction partielle : l'interdiction de la cuisson nocturne n'a pas été levée pour les fours électriques, mais les autorités se sont déclarées prêtes à autoriser des exceptions en faveur de ces fours à la suite de l'examen de chaque cas particulier.

ERRATUM. — Dans la note qui précède l'article *Sur la forme de la décharge électrique dans les tubes à rayons X*, par A. Dauvillier, publié dans le numéro du 24 mars, p. 443, le lecteur est prié de faire les deux corrections suivantes :

Ligne 6 : au lieu de Le *primaire*, lire Le *tube* ;

Ligne 9 : au lieu de l'oscillogramme de la *tension*, lire l'oscillogramme de l'*intensité*.

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

1re Année. — Tome I. — N° 17. — 28 Avril 1917.

Chronique. — L'organisation de la recherche scientifique aux Etats-Unis. — La tarification de l'énergie électrique d'après le prix des charbons, p. 641 et 642.

Section scientifique et technique. — Applications de l'oscillographe à l'étude des moteurs à explosion, par M. Camille-Rapp, p. 643. — Revues, analyses et informations : La précipitation par l'électricité des vapeurs d'acide phosphorique, p. 644 ; Les courants oscillants traités par la méthode des vitesses angulaires généralisées, p. 645 ; Rapport sur la protection des installations électriques contre les surtensions, élaboré par le secrétariat général de l'Association suisse des Electriciens, p. 645.

Section industrielle. — Quelques problèmes scientifiques à résoudre, par H. Le Chatelier, p. 655. — La traction électrique sur les grandes lignes italiennes de chemins de fer, par Carlo Maurilio Lerici, p. 657. — L'éclairage des ateliers de prise de films aux Etats-Unis, par Maurice Leblanc fils, p. 672. — Revues, analyses et informations : Les transformateurs téléphoniques, p. 675.

Section de législation. — A propos de la réglementation de l'organisation du personnel radiotélégraphique dans les colonies françaises, p 679.

Erratum du numéro du 7 avril, p. 680.

L'organisation de la recherche scientifique aux États-Unis. — Dans notre numéro du 17 mars nous signalions (p. 401), la nécessité pour les industriels de bien préciser les questions dont la solution pourrait être cherchée par les savants dans les laboratoires, et nous indiquions, d'après M. H. Le Chatelier, deux groupes de « problèmes non résolus » intéressant les ingénieurs électriciens : l'étude de la conductibilité calorifique des matériaux servant à faire les parois des fours industriels et de celle des combustibles ; l'étude de la variation de la force électromotrice d'un couple thermo-électrique quand on modifie la loi de répartition de la température de la soudure chaude à la soudure froide. Dans le numéro du 14 avril, M. Ch. David appelait l'attention (p. 562), sur une autre question : celle de savoir quelle est l'influence de la durée d'application de la tension électrique sur la rigidité électrostatique des isolants industriels.

M. H. Le Chatelier apporte aujourd'hui une nouvelle contribution au sujet par l'article que nous publions plus loin (p. 655-656) et où il signale deux autres questions à étudier : variation de la résistivité du charbon avec la température, force contre-électromotrice de polarisation des électrodes dans l'électrolyse d'un bain d'un sel de fer en vue d'obtenir un dépôt de fer électrolytique.

Incidemment, M. H. Le Chatelier se trouve amené à indiquer comment, dans le but de la défense nationale, la collaboration entre les savants et les industriels a été réalisée aux États-Unis depuis déjà plus d'un an. Voici quelques renseignements complémentaires sur cette organisation.

C'est à la Washington Academy of Sciences que s'est adressé le président Wilson pour arriver à une collaboration efficace. A cet appel, l'Académie, par un vote unanime, créait, dans sa séance du 19 avril 1916, le National Research Council, dont le but est de « coordonner le travail scientifique de recherches qui se fait dans le pays afin de rendre plus efficace la solution des problèmes de la guerre et de la paix ». En agissant ainsi l'Académie ne faisait d'ailleurs que remplir une des missions pour lesquelles elle a été créée. « Pendant notre guerre civile, écrit le Dr George Hale, président de ce Conseil, le besoin de comités scientifiques a été souvent ressenti par notre gouvernement ; en conséquence, la Washington Academy of Sciences a reçu en 1863 sa charte par un acte du Congrès, lequel stipule que l'Académie a pour mission, à la demande des divers départements du gouvernement, d'examiner, d'expérimenter et de donner son avis sur les questions des sciences et des arts ».

Le National Research Council comprend deux sortes de membres : les uns appartiennent aux grandes administrations de l'État et ont été désignés par le président Wilson ; les autres sont des représentants de la Science et de l'Industrie, nommés par le président de l'Académie, M. William Welch, après consultation des Sociétés scientifiques ou techniques compétentes.

Il est à remarquer que le but de la constitution du

Digitized by Google

Conseil ne pouvait être d'augmenter notablement les moyens de travail dont disposent les chercheurs. On sait, en effet, que les États-Unis possèdent depuis longtemps des laboratoires de recherches largement dotés. Son laboratoire national, le Bureau of Standards, dispose d'un budget annuel de 3 000 000 fr ; ses stations agricoles dépensent près de 20 000 000 fr ; l'Institut Carnegie a reçu 110 000 000 fr, et les Universités ont des dotations de plusieurs centaines de millions. Aussi la création due à l'initiative du président Wilson a-t-elle surtout pour but de coordonner des efforts dispersés, de faire le bilan général des problèmes à résoudre, de distribuer les tâches en prévenant les doubles emplois.

Aussitôt constitué, le Conseil obtint le concours efficace des institutions et groupements les plus importants des États-Unis. L'Engineering Foundation, qui réunit plusieurs grandes Sociétés techniques, parmi lesquelles se trouve l'American Institute of Electrical Engineers, mit à la disposition du Conseil les locaux nécessaires à ses réunions, le personnel administratif utile et une somme de 100 000 fr pour les dépenses de la première année. Comme exemple d'un autre concours analogue, M. Scherer, président de l'École technique Throop, à Pasadena, Californie, mit les laboratoires de recherches de cet établissement à la disposition du Conseil, en y joignant une somme de 500 000 fr recueillie par ses soins en trois jours.

On peut se demander pourquoi, dès avril 1916, les États-Unis se préoccupaient des recherches relatives à la défense nationale. « En réalité, écrivait M. H Le Chatelier dans une note remise à la séance du 10 avril dernier de l'Académie des Sciences de Paris, le but de la nouvelle fondation, qui n'est indiqué nulle part, était la préparation de la guerre, mais une préparation discrète, obtenue sans mettre en mouvement aucun organe officiel de l'État. » Cela résulte très nettement de différents détails d'organisation. Le premier et le plus important comité de travail nommé par le Conseil a été en effet le Comité militaire, chargé de toutes les études pouvant lui être demandées par le président des États-Unis ou par le Conseil de la défense nationale. Le second comité, et l'un des plus actifs, a été le Comité des nitrates, chargé d'étudier l'installation aux États-Unis de la fabrication de l'acide azotique synthétique, de manière à rendre le pays indépendant de toute importation étrangère pour la fabrication de ses explosifs ; chargé aussi de rechercher la meilleure utilisation des 100 000 000 fr votés par le Congrès en vue de la création de cette nouvelle industrie aux États-Unis. Un autre comité, le Comité de l'aéronautique a également été constitué dès 1916.

La guerre était-elle donc considérée comme inévitable il y a un an déjà ? On ne saurait répondre à la question. Quoi qu'il en soit, la création du National Research Council en pleine paix et dans un but de guerre est une nouvelle preuve du remarquable esprit d'organisation qui règne chez nos nouveaux alliés. C'est une richesse américaine dont nous devrions bien importer une bonne dose.

La tarification de l'énergie électrique d'après le prix des charbons. — Dans les contrats de livraison de l'énergie électrique destinée à être transformée en force motrice mécanique, il est souvent spécifié, en raison des bas prix consentis par les entreprises de distribution, que ces prix varieront suivant ceux des combustibles. La détermination de ces derniers se trouve être très difficile pour l'année 1916, par suite des variations qu'ils ont subies suivant l'époque de la passation des marchés et suivant la région à laquelle les combustibles étaient destinés. Une circulaire du ministre des Travaux publics et des Transports, en date du 15 avril, vient de fixer la manière dont seront fixés ces prix. Voici cette circulaire.

Certains cahiers des charges de concessions de distribution d'énergie électrique contiennent, à l'article 11, des dispositions relatives à la variation des prix de vente du courant d'après le cours des charbons, et la circulaire ministérielle du 20 mars 1914 vous a fait connaître qu'il y avait lieu d'adopter dans ce cas, comme base de fixation du prix de vente du kilowatt-heure, le prix moyen d'achat des charbons par l'administration des chemins de fer de l'État.

Pour l'année 1916, en raison des circonstances qui ont amené un profond trouble dans la vie économique du pays, l'affaire a été soumise au Comité d'électricité qui a formulé l'avis ci-après :

Durant l'année 1916, on constate des écarts importants dans les prix des charbons. Ces écarts sont dus à des causes multiples, notamment aux variations du cours des frets et des assurances, aux difficultés d'approvisionnements, surestaries, etc. Dans ces conditions, il paraît impossible d'établir un prix moyen applicable à tous les cas, à toutes les usines, etc., sans aboutir à des résultats défectueux, absolument contredits par les faits.

Il y a donc lieu de fixer séparément le prix des charbons provenant des mines françaises et le prix des charbons importés de la Grande-Bretagne : les prix moyens des charbons, achetés en 1916 par l'administration des chemins de fer de l'État, ressortent des constatations faites à 46,50 fr pour les charbons provenant des mines françaises et à 77,60 fr la tonne pour les charbons importés de la Grande-Bretagne.

Ces indications seront portées à la connaissance des concessionnaires ou demandeurs en concession dont les cahiers des charges renferment, à l'article 11, les dispositions rappelées plus haut, étant entendu que les intéressés tiendront compte des deux prix moyens, fixés ci-dessus, dans la proportion qui conviendra à chaque cas d'espèce.

J'ai adopté cet avis du Comité d'Electricité et je vous prie de le faire connaître aux divers intéressés.

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

Applications de l'oscillographe à l'étude des moteurs à explosion

L'auteur donne ci-contre le moyen d'étudier le rôle de la chaleur et de la durée de l'étincelle dans un moteur à explosion à l'aide de l'oscillographe Blondel. Il ne nous fait connaître seulement que la méthode employée, son but n'étant que de signaler l'application de cet appareil à l'étude des moteurs à explosion.

Au cours d'une série d'expériences faites pour déterminer le rôle de la chaleur et de la durée de l'étincelle d'une bougie d'allumage dans le fonctionnement des moteurs à explosion, il a été impossible d'employer un manographe, car il s'agissait d'enregistrer simultanément :

a) Les variations de pression dans le cylindre ;

b) Le temps entre deux explosions dans le même cylindre, de façon à voir ainsi la vitesse du moteur ;

c) Le courant de l'étincelle ainsi que sa durée.

Pour les essais, nous disposons d'un oscillographe type spécial de laboratoire, tel que celui qui figura à l'Exposition de la Société de Physique en 1912 ; cet appareil servait à enregistrer *b* et *c* et il restait à trouver le moyen d'enregistrer les pressions.

Comme il importait peu d'avoir les résultats quantitatifs, mais d'avoir des courbes donnant une idée de la façon dont se produisait l'inflammation des gaz, le résultat fut obtenu avec une disposition microphonique spéciale.

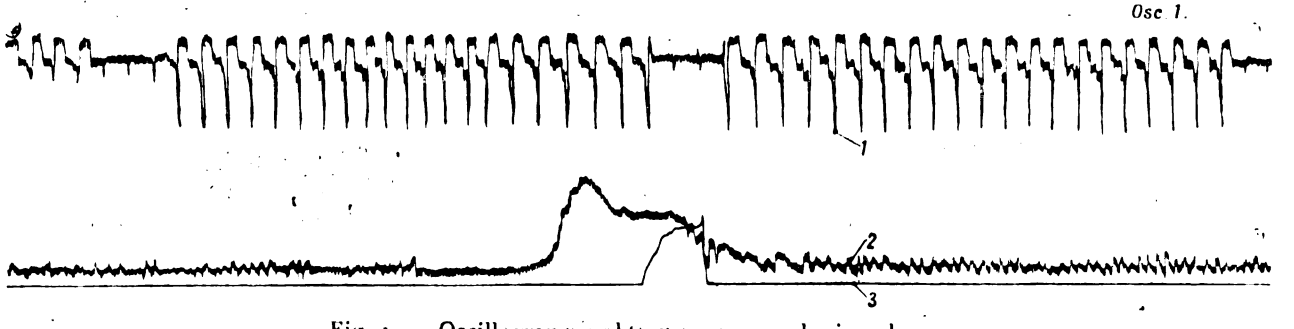


Fig. 1. — Oscillogramme obtenu avec un seul microphone.

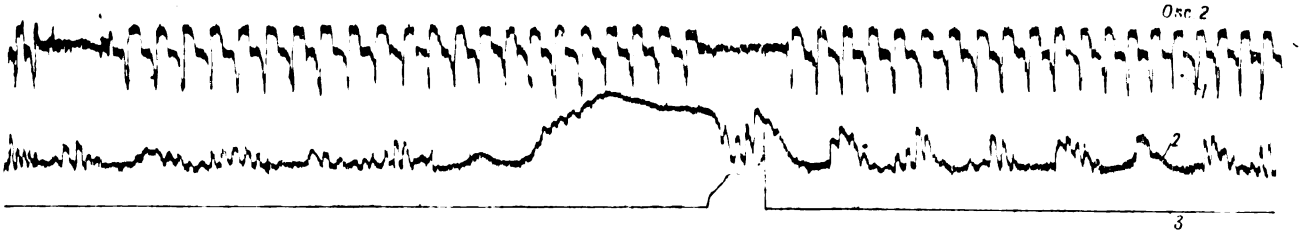


Fig. 2. — Oscillogramme obtenu avec deux microphones.

La courbe 1 des oscillogrammes 1 et 2 (fig. 1 et 2) représente les vibrations d'un électro-diapason Lancelot donnant 200 vibrations doubles : nous avons ainsi la vitesse de la bande photographique du dérouleur de l'oscillographe. Cette courbe donne aussi la vitesse du moteur ; à cet effet, le courant du diapason passe par un contacteur tournant placé en bout de l'arbre du moteur ; ce contacteur décourt-circuite à chaque tour une résistance mise en série dans le circuit de l'équipage de l'oscillographe. Chaque tour du moteur est donc indiqué par la diminution de l'amplitude de la courbe du diapason, et la vitesse est mesurée par les oscillations, inscrites entre chaque tour.

La courbe 2 est celle des pressions dans le cylindre

Digitized by Google

du moteur; elle est obtenue à l'aide d'un microphone fixé à une monture de bougie de la façon indiquée par la figure 3.

Les pressions se transmettent sur un disque de tôle D

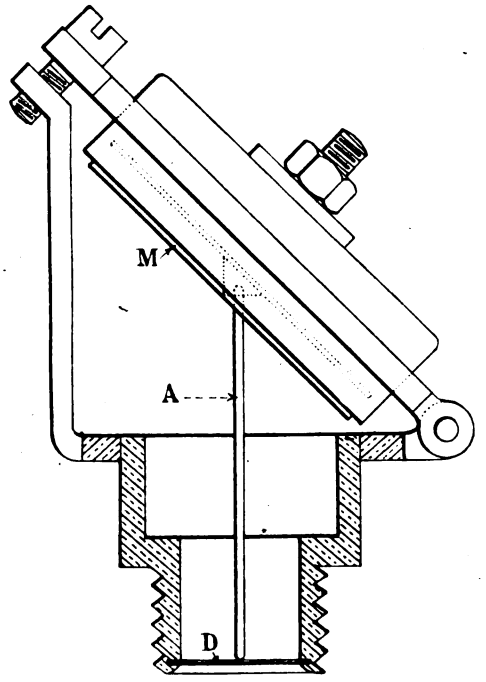


Fig. 3. — Fixation du microphone sur une monture de bougie.

de 4/10 de millimètre, qui agit sur la membrane microphonique M par l'intermédiaire d'une aiguille A. Il eût été préférable d'agir directement sur le microphone, mais la température des gaz s'y opposait et il aurait été difficile d'obtenir l'étanchéité du système. On aurait pu agir par un petit tube, comme dans l'acromètre, mais on introduisait ainsi des causes d'erreurs. Le montage avec un seul microphone a donné les résultats de l'oscillogramme 1, courbe 2; l'équipage de l'oscillographe enregistre très franchement les vibrations du moteur et déforme complètement la courbe des pressions.

Un montage en pont avec deux microphones (fig. 4) a permis de réduire considérablement ces vibrations : le deuxième microphone était monté à la même monture, dos à dos avec le microphone transmetteur.

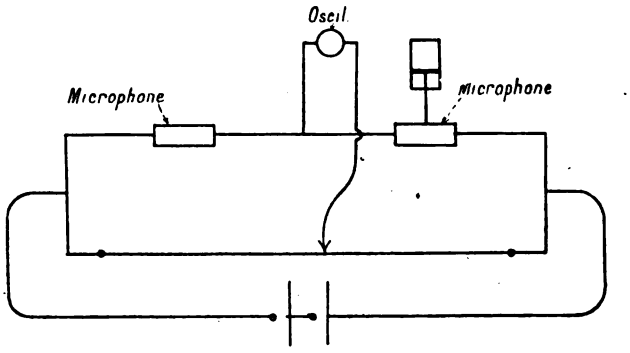


Fig. 4. — Montage en pont avec deux microphones.

La courbe 3 donne le courant d'allumage de la bougie; l'étalonnage de l'oscillographe permet de déterminer l'intensité en milliampères; le retour de la courbe au zéro donne la durée de l'arc entre les électrodes.

Le calage de l'avance à l'allumage étant déterminé mécaniquement pour chaque série d'expérience, on avait ainsi, avec la précision la plus grande, tous les éléments indispensables pour l'étude envisagée.

Cet article n'a pour but que de signaler l'application de l'oscillographe Blondel dans l'étude des moteurs à explosion ou plus exactement des mélanges explosants. Exposer ici les résultats obtenus au point de vue de ces moteurs serait sortir du cadre d'une revue d'électricité.

Remarquons cependant que l'allumage n'est pas suivi d'une explosion brusque et que, contrairement à l'avis de beaucoup, l'étincelle n'est pas éteinte par l'explosion, puisque, en somme, il n'y a pas d'explosion proprement dite, c'est-à-dire augmentation instantanée et brutale du volume du mélange.

M. Camillerapp,
Ingénieur électricien.

Revues, analyses et informations

La précipitation par l'électricité des vapeurs d'acide phosphorique (1).

On sait que le phosphate de calcium est insoluble et qu'il est nécessaire de le transformer en superphosphate pour le rendre utilisable pour l'agriculture comme engrais. Cette transformation se fait à l'aide d'acide sulfurique, le produit une fois traité contient 18 pour 100 d'acide phosphorique, seul corps utile comme fertilisant. Le volume occupé et le poids à transporter sont donc beaucoup plus considérables qu'il ne serait nécessaire, ce qui contribue à augmenter le prix; en outre, le produit étant acide ne peut être mélangé à d'autres engrais avec lesquels il pourrait former de l'acide nitrique, ce qui aurait pour résultat de convertir le phosphate soluble en un phosphate insoluble et inutile pour le but proposé. Un grand nombre de procédés ont été proposés pour produire de l'acide phosphorique en partant des phosphates, parmi ceux-ci le procédé de traite-

(1) *Engineering*, 23 mars 1917, t. CIII, p. 276, 1 100 mots.

Digitized by Google

ment à sec est intéressant; le phosphate est simplement traité à chaud avec la silice et le coke, le phosphore produit s'oxyde par son contact avec l'air et forme de l'acide phosphorique, la chaleur nécessaire est fournie par l'électricité. Un autre procédé a été proposé et réalisé par MM. Ross, Carothers, Merz de l'United States Bureau of Agriculture, et consiste à précipiter les vapeurs par l'électricité. Le four électrique employé était un cylindre de fer garni de briques réfractaires et alimenté par deux transformateurs donnant une tension réglable de 20 à 100 v par échelons de 20 v. Devant l'appareil de précipitation proprement dit est placé une tour d'absorption de 18 pieds de hauteur et d'une surface de 4 pieds carrés, offrant avec ses chicanes une surface totale de 3000 pieds carrés; l'absorption par l'eau ne donnait pas des résultats satisfaisants. Les vapeurs étaient renvoyées dans la même tour, mais l'eau n'était plus employée, les chicanes servant seulement à refroidir les vapeurs. Le courant alternatif alimentant le four était redressé à l'aide d'un redresseur à moteur fournissant par suite un courant de sens constant mais ondulatoire. L'électrode positive était mise à la terre, l'électrode négative était constituée par un fil métallique suspendu dans l'axe du tube dans lequel se faisait la précipitation. Ces tubes étaient d'abord en fer, d'un diamètre de 150 mm et d'une hauteur de 3 m, ils furent constitués ensuite par des tubes de terre cuite vernie, la couche d'acide phosphorique les recouvrant formant conducteur permettait de les mettre à la terre en connectant simplement leur extrémité à un fil, lui-même à la terre.

Les vapeurs venant du four étaient inspectées dans les tubes à l'aide d'un ventilateur spécialement établi pour résister à la corrosion, l'air pénétrait également dans les tubes autour des électrodes. Par suite de la présence de l'humidité dans l'air et le phosphate le précipité ne consiste pas en anhydride P^2O^5 mais en acide orthophosphorique H^3PO^4; commercialement il est à peine utile de rechercher la précipitation d'anhydride car le produit est fortement hygroscopique. L'humidité était suffisante pour que l'acide condensé s'écoule sur les parois du tube d'une manière continue. Lorsque les vapeurs étaient refroidies dans la tour on obtenait une acide à 60 pour 100 avec une charge contenant environ 1 pour 100 d'humidité, en supprimant l'air en excès la concentration atteignait 80 pour 100; la tour de refroidissement étant supprimée, les vapeurs entraient dans l'appareil à 175° et le quittaient à 100°, la densité de l'acide atteignait 1,8 et la concentration 91 à 95 pour 100.

En ce qui concerne la pureté du produit, le résultat fut tout à fait satisfaisant et dépassa les espérances, une partie considérable des acides sulfurique et fluohydrique formés devaient s'échapper avec les vapeurs non précipitées. Lorsque la tour à chicane était supprimée, de nombreuses poussières entraînées se trouvaient mélangées au produit, mais on put assez facilement obvier à cet inconvénient. L'expérience paraît très concluante, les expérimentateurs n'en ont cependant pas donné le prix de revient.

Les courants oscillants traités par la méthode des vitesses angulaires généralisées (1).

Le courant oscillant diffère du courant alternatif en ce que les sinusoïdes y sont amorties. De même que les théorèmes de courant alternatif s'obtiennent en généralisant les théorèmes de courant continu, il est possible d'obtenir les théorèmes de courant oscillant en poussant plus loin la généralisation. Ceci implique une généralisation de la vitesse angulaire et de l'impédance qui deviennent des quantités complexes. La loi de Kirchoff, qu'on peut ainsi généraliser, fournit une méthode simple pour déterminer les vitesses angulaires généralisées, et ainsi les fréquences et décréments, de l'oscillation libre.

Puisque, dans un circuit à courant oscillant, il n'y a pas de tension appliquée, il faut se servir de la tension initiale présente dans le circuit pour déterminer les amplitudes de l'oscillation. Cela aboutit à l'introduction d'une impédance qui sert à déterminer les amplitudes et qu'on obtient par une seule différenciation de l'impédance généralisée. D'autres méthodes employées en courant continu peuvent se généraliser facilement et servir à résoudre les questions de courants oscillants.

L'auteur donne un exemple simple de l'application de cette méthode. La décharge d'un condensateur à diélectrique imparfait à travers une réactance fournit un second exemple qui montre mieux la commodité de la méthode pour les calculs numériques. Comme troisième exemple, on a choisi l'oscillation d'un câble artificiel à trois sections dont les extrémités sont dans des conditions particulières. La partie mathématique de cet exemple est donnée dans un appendice.

Rapport sur la protection des installations électriques contre les surtensions, élaboré par le secrétariat général de l'Association suisse des Électriciens (1).

I. — Nature des surtensions dans les installations électriques industrielles. — Nous diviserons les surtensions en deux catégories : *les surtensions proprement dites* et *les élévations de tension dangereuses*.

Les *élévations de tension dangereuses* seront les augmentations de tension de durée relativement longues, qui, dans les installations à courant alternatif peuvent être considérées comme permanentes par rapport à la période de service.

Elles proviennent le plus souvent d'actions réciproques des différentes parties d'une installation, lorsque son état d'exploitation n'est pas normal. Ainsi les arcs qui se produisent en cas de mises à la terre accidentelles, l'ouverture ou la fermeture des circuits comprenant des inductances ou des capacités localisées ou des combinaisons de ces dernières, les actions réciproques des différentes parties d'une installation en exploitation normale qui créent des circuits oscillants locaux à haute fréquence entrant en résonance, par suite de phénomènes atmosphériques ou du fait d'excitations par chocs, sont les causes de l'apparition d'élévations de tension dangereuses.

Les *surtensions proprement dites* seront les augmentations de tension passagères entre deux points quelconques d'un circuit ou d'un réseau en courant alternatif, elles seront de très courte durée par rapport à la période de la tension de service. Ces surtensions apparaissent à la suite de ruptures brusques d'équilibre imposées aux réseaux; nous les diviserons en :

a) Surtensions d'*origine interne* produites par des manœuvres de couplage, des courts-circuits, des mises à la terre et des variations de charge importantes et rapides.

b) Surtensions d'*origine externe* ayant pour origine des ruptures d'équilibre entre les réseaux et le milieu qui les entoure.

Les *surtensions proprement dites* sont des phénomènes

(1) V. Bush. *Proceedings of the A. I. E. E.*, février 1917, t. XXXVI, p. 189-203, 5 500 mots, 6 fig.

(1) *Bulletin de l'Association suisse des Électriciens*, n° 6, juin 1916, p. 137 à 154.

Digitized by Google

transitoires fonctions du temps et de l'espace. Nous désignerons, dans la suite, par *forme de la surtension* la répartition spéciale de la surtension qui règne à un instant donné dans le réseau ou une partie de ce dernier.

Les surtensions d'origine interne se manifestent par l'apparition simultanée d'une *onde de charge* et d'une *onde de décharge* qui, partant du point où le dérangement a été produit, se meuvent en sens contraire le long de la ligne en suivant la loi des oscillations libres. La forme de ces surtensions est celle d'*ondes à front très raide* ; la valeur de la surtension dépend de la valeur de la tension de service, et en général, s'il ne se produit pas de phénomènes de résonance, la valeur de la tension totale ne peut excéder *le double de l'amplitude de la tension de service*.

Les surtensions d'origine externe résultent des charges électriques qu'un réseau de conducteurs peut prendre par suite des variations des chutes de potentiel qui règent dans le champ électrique terrestre. Les ondes qui prennent naissance sont des *ondes mobiles* qui se superposent à l'état électrique de l'exploitation et suivent les lois des oscillations libres du système réseau-sol. La *valeur absolue de la tension* et *l'énergie du mouvement ondulatoire* dépendent uniquement du *champ électrique terrestre* et de la position du réseau dans ce champ ; elles sont *indépendantes de la tension de service* et la surtension peut atteindre plusieurs fois la *valeur de cette dernière*.

Il peut arriver qu'à la faveur de phénomènes météorologiques le champ électrique terrestre induise dans les lignes aériennes des *charges statiques* qui s'écoulent lentement. Si l'isolement de la ligne est parfait, l'accumulation de ces charges électriques produit une *élévation de tension dangereuse* entre la ligne et le sol.

Nous désignerons par *surtensions primaires* les états de tension dangereuse qui *résultent directement* de la rupture de l'état d'équilibre primitif. Elles peuvent déterminer, soit par des phénomènes de réflexions, soit par excitation des circuits oscillants locaux, des *surtensions secondaires dont l'amplitude peut dépasser celle des surtensions primaires*.

Les *surtensions résultantes réelles* sont souvent la conséquence d'un enchaînement de dérangements dont l'origine doit être recherchée dans une surtension primaire qui peut n'avoir pas été remarquée directement.

II. — DE LA PROTECTION CONTRE LES SURTENSIONS PAR L'ARRANGEMENT DES INSTALLATIONS ET PAR L'EMPLOI D'APPAREILS DE PROTECTION SPÉCIAUX. — La première et la meilleure des solutions pratiques pour parer aux effets des surtensions consiste à prendre des mesures propres à empêcher les dérangements initiaux et éviter les possiblités de surtensions secondaires. Les appareils de protection proprement dits ne doivent être installés que quand l'expérience montre que les mesures précédentes ne sont pas suffisantes pour assurer une protection efficace.

Les *élévations de tension dangereuses* d'origine interne peuvent être évitées si on empêche de se former les circuits oscillants qui les produisent : ceci sera réalisé en introduisant des résistances d'amortissement convenablement dimensionnées ; les élévations de tension dues à des manœuvres de couplage seront considérablement diminuées en réduisant les puissances de court-circuit au moyen de réactances, de résistances, de relais ou par action sur le courant d'excitation des machines.

Les *surtensions d'origine atmosphérique*, dans le cas des réseaux aériens, ne peuvent être complètement évitées surtout lorsqu'il s'agit de *coups de foudre directs*. Les surtensions *dues aux charges statiques* peuvent être combattues en dérivant à la terre ces charges par des résistances ne nuisant pas au service, telles les bobines de réactance à noyau de fer. On se protégera contre les surtensions dues aux *variations brusques du champ électrique terrestre* en plaçant un fil ou *ligne de terre* au-dessus des conducteurs de travail ; l'effet de ces surtensions sera ainsi réduit de 30 à 50 pour 100 ; mais il faut remarquer que la valeur des surtensions est fonction de la hauteur de la ligne au-dessus du sol, elle sera d'autant plus grande, dans les lignes munies de fils de terre, que les supports seront plus hauts ; l'efficacité du fil de terre est donc relative.

Les *ondes de surtension en mouvement sur une ligne aérienne* ne constituent pas forcément un danger pour la ligne elle-même. Si on choisit, en effet, des isolateurs tels qu'il y ait décharge pour une tension notablement inférieure à celle qui les percerait, il se produira sur la ligne, par suite des décharges aux isolateurs, une égalisation de l'énergie ondulatoire de la surtension qui n'entraînera généralement pas de troubles appréciables dans l'exploitation. Il en résulte qu'on *doit s'efforcer de faire en sorte que les surtensions ne puissent sortir du domaine des lignes aériennes*, c'est-à-dire qu'on doit, autant que possible, *les empêcher d'atteindre les appareils ou les machines*.

Les surtensions qui se produisent dans les réseaux *souterrains*, quelle que soit leur origine, peuvent produire plus facilement des dégâts aux câbles que ce n'est le cas dans les lignes aériennes ; il faudra donc absorber le plus possible l'énergie due aux dérangements.

Les surtensions soumettent les isolants à des efforts qui les sollicitent à la rupture ; on considérera les trois points suivants :

a) La valeur absolue des surtensions ;

b) La valeur des chutes de potentiel à l'endroit considéré ;

c) La durée et la fréquence des efforts.

La valeur absolue d'une surtension qui se propage le long d'une ligne est réduite quand l'onde passe d'un conducteur de caractéristique donnée à un conducteur de caractéristique plus faible. (On appelle *caractéristique* l'expression $\sqrt{\frac{L_1}{C_1}}$, où L_1 est la self-inductance et C_1 la capacité du conducteur par rapport à la terre, par unité de longueur.)

On pourra considérer le danger dû à des surtensions comme écarté quand *toute l'énergie* mise en jeu sera *transformée en chaleur*.

Tous les appareils de protection qui produisent un *effet de soupape*, c'est-à-dire *tous les déchargeurs à étincelles*, peuvent être employés contre les surtensions dangereuses par leur amplitude ; ces appareils doivent être munis de résistances d'amortissement qui ont pour but de transformer en chaleur, en évitant autant que possible de la réfléchir, l'énergie de surtension et de limiter l'intensité du courant à travers l'arc. L'application générale de ces appareils est limitée :

1° Dans le cas de tensions de service élevées (supérieures à 12000 v), les résistances devant être telles qu'une faible partie de l'énergie de surtension peut y être transformée en chaleur ;

2° Par la production d'oscillations pouvant provoquer des surtensions secondaires ;

3° Parce que les surtensions qui revêtent la *forme d'ondes à front raide* ne subissent en principe aucun adoucissement de leur front. Par contre, l'insertion de bobines de réactance dans les dérivations conduisant aux appareils à protéger produit un adoucissement du front de l'onde.

L'introduction d'une inductance localisée ou concentrée entre les lignes aériennes et les installations à protéger, le

Digitized by Google

montage d'une capacité en parallèle avec la ligne ont pour effet de *détourner* les surtensions et d'*adoucir* le front de l'onde sans qu'il y ait production d'étincelles. La *combinaison de bobines de réactance et de condensateurs* agit dans le même sens et plus efficacement.

La protection donnée par ces appareils est indépendante de la tension de service, mais dépend des caractéristiques des appareils eux-mêmes et des installations à protéger. L'efficacité de la protection peut être atténuée dans les circonstances suivantes :

a) Une réduction sensible de la valeur absolue des surtensions par les moyens précédents n'est obtenue que lorsque l'étendue de l'onde n'excède pas une valeur déterminée dépendant des constantes des installations à protéger et des appareils de protection.

b) Les bobines de réactance et les condensateurs constituent des réflecteurs et ils n'agissent que sur l'*onde transmise* et non sur l'*onde réfléchie*.

c) Les bobines de réactance et les condensateurs ne détruisent pas l'énergie des surtensions.

d) Les combinaisons de réactances et de capacités constituent des circuits oscillants locaux qui, sous l'effet de trains d'ondes périodiques, peuvent occasionner des tensions de résonance de grande amplitude. Ces cas sont rares en pratique et, par suite, l'application de ces combinaisons n'est pas limitée de ce fait.

Les inconvénients que nous venons de citer peuvent être diminués par le *shuntage des bobines de réactance* au moyen de *résistances ohmiques*.

En résumé, nous voyons que, dans le cas des réseaux aériens, l'essentiel est d'assurer l'amortissement des circuits oscillants au moyen de résistances auxiliaires et que, dans le cas des réseaux souterrains, le but essentiel à poursuivre est l'absorption aussi complète que possible de l'énergie des surtensions dans des résistances placées en shunt.

L'*adoucissement des fronts d'onde raides peut être renforcé*, dans la mesure que l'on veut, par la *mise en série de plusieurs* inductances concentrées placées à intervalles pas trop rapprochés.

Les ondes, qui ont été ramenées à une forme inoffensive par l'action d'un appareil de protection, peuvent redevenir dangereuses, en pénétrant dans les installations, par suite de réflexion sur les *inductances qui font partie intégrante* des installations à protéger. Le shuntage de ces inductances par des distances explosives ou par des résistances ohmiques rend inoffensifs ces effets de réflexion.

Les *surtensions secondaires occasionnées par les dérangements primaires* peuvent être complètement évitées quand l'énergie en jeu arrive à être entièrement dissipée en chaleur dans les appareils de protection.

Nous avons donné cette analyse détaillée du rapport, si intéressant et de la plus grande utilité pour les constructeurs et exploitants de réseaux électriques, de la Commission pour l'étude des moyens de protection contre les surtensions de l'Association suisse des Électriciens, afin de permettre au lecteur de bien comprendre les conseils pratiques qui suivent, et que nous publions grâce à l'extrême amabilité de l'Association suisse des Electriciens qui a bien voulu nous donner l'autorisation de les insérer in extenso.

III. — Conseils pratiques pour la protection des installations électriques contre les surtensions. — (*N. B.* — Les conseils qui suivent sont présentés de façon à répondre le mieux possible aux besoins des praticiens : ils sont classés par groupes se rapportant à des *parties d'installation* bien déterminées ou à leurs éléments, comme les lignes aériennes, les machines, etc.)

La protection des installations électriques contre les surtensions doit être faite d'après les principes qui ont été exposés dans les chapitres I et II, en se proposant la réalisation des quatre objectif suivants :

a) Mesures préventives ayant pour but d'éviter le plus possible les dérangements ou accidents primaires qui peuvent se produire dans une installation donnée ;

b) Disposition des appareils de protection en vue de donner aux surtensions une forme aussi peu nuisible que possible aux installations dans lesquelles elles se produisent ;

c) Mesures préventives en vue d'éviter les surtensions qui peuvent être la conséquence de dérangements ou accidents primaires ;

d) Dispositions constructives à donner aux installations particulièrement exposées, en vue d'obtenir que ces dernières résistent efficacement aux efforts supplémentaires auxquels elles peuvent être soumises.

L'application de ces principes dans l'esprit des explications qui ont été données dans les chapitres précédents conduit aux lignes directrices suivantes relatives aux dispositions qui peuvent être recommandées en vue de la protection des installations électriques à fort courant contre les surtensions. Ces recommandations tiennent compte du développement actuel de la technique des installations de production et de distribution de l'énergie électrique et s'appuient sur l'état actuel de la construction des machines et appareils électriques.

Isolateurs de lignes aériennes. — Au point de vue qui nous occupe, les isolateurs de lignes aériennes doivent être dimensionnés de telle sorte que leur *résistance électrique à la rupture* (perçage) soit plus grande que leur résistance à la décharge sur isolateurs secs et propres. La *tension de décharge* superficielle des isolateurs dont la surface est mouillée ou salie par la fumée doit être au moins égale au double de la tension qui peut régner en service entre sol et lignes lorsque l'une de ces dernières est à la terre.

Les efforts auxquels les isolateurs sont soumis par des décharges superficielles répétées (isolateurs-supports à haute tension) peuvent être tempérés par l'emploi d'anneaux de protection métalliques entre lesquels les arcs de décharge se forment.

La tension de décharge des *isolateurs intérieurs*, qui appartiennent aux installations de couplage les plus voisines des lignes aériennes, doit être plus grande que celle des isolateurs de lignes lorsque la surface de ces derniers est sèche et propre.

Fils de terre au-dessus des lignes aériennes. Il est avantageux, dans le but de réduire la valeur des surtensions d'origine atmosphérique, de placer des *fils de terre* au-dessus des conducteurs de travail.

L'effet de ces fils de terre est d'autant moins grand que les conducteurs de travail sont placés plus haut. Lorsque ces derniers sont placés *à grande hauteur* ou lorsqu'ils sont très distants les uns des autres (supports à longs bras), il est bon de placer deux fils de terre l'un à côté de l'autre.

L'effet limité et le coût de ce moyen de protection font qu'il ne peut guère être recommandé que dans les contrées orageuses et lorsque les supports ne sont pas trop longs, soit, dans les conditions ordinaires, lorsque la hauteur des conducteurs de travail au-dessus du sol n'excède pas 10 à 12 m (1).

(1) Voir *E. T. Z.*, 1914, p. 1. Petersen : Die Schutzwert von Blitzseilen *La Revue électrique*, Littérature des périodiques, 1914, p. 84. — Voir aussi *E. u. M.*, 1914, p. 261. Peterer : Die Schirmwirkung des geerdeten Schutzdrahtes.

Digitized by Google

Les fils de terre peuvent être avantageusement constitués par des fils ou des câbles d'acier galvanisé de 35 à 50 mm² (1).

Dans les installations à basse tension avec conducteurs neutres, ces derniers peuvent être employés comme fils de terre (2).

L'emploi des fils de terre protecteurs exige des mises à la terre excellentes qui, suivant les conditions du sol (degré d'humidité), doivent être faites à intervalles de trois ou quatre poteaux.

Les conducteurs qui relient les fils de terre protecteurs au sol doivent avoir une section d'au moins 25 mm² lorsqu'ils sont en cuivre, et d'au moins 100 mm² lorsqu'ils sont en fer. Des plaques de terre ne sont à recommander que lorsque les conditions du sol le permettent (terrain humide). Si cette condition n'est pas remplie, les plaques de terre peuvent être remplacées par plusieurs piquets-électrodes de 2 à 3 m de longueur (barres ou rubans de fer, tuyaux à gaz).

Les hauts paratonnerres de construction ordinaire offrent une certaine *protection des lignes aériennes contre les coups de foudre directs*. Mais leur emploi n'a aucun sens là où les lignes sont sur supports métalliques mis à la terre et dépassant les conducteurs de travail, et ils ne sont pas à recommander dans les lignes à supports en bois. Dans les endroits exposés, on peut, suivant les circonstances, envisager l'emploi de poteaux métalliques protecteurs (poteaux-collecteurs) qui doivent alors être montés séparément à côté des lignes et qui doivent dépasser ces dernières. Le principal est toujours d'assurer une mise à la terre de bonne qualité. Cette disposition peut être recommandée pour les contrées particulièrement exposées.

Les *appareils qui assurent l'écoulement continu des charges statiques des lignes aériennes à la terre* peuvent être recommandés pour tous les réseaux aériens étendus.

A cet égard, les *déchargeurs à jet d'eau* et les *bobines de self à noyau de fer* ont fait leurs preuves.

a) Les *déchargeurs à jet d'eau* ne peuvent être recommandés pour tensions pouvant atteindre 40 000 à 50 000 v que lorsqu'ils sont de construction très soignée répondant aux conditions indiquées ci-dessous, lorsqu'il est pourvu à leur bon entretien et là seulement où de l'eau courante peut être obtenue sans frais exagérés ou difficultés particulières; ils sont à préférer aux bobines de self à noyau de fer en raison du prix élevé de ces dernières, et, par suite de leur grande résistance, ils ont sur celles-ci l'avantage de leur grand pouvoir amortisseur.

La conductibilité de l'eau étant très variable, la sécurité du service d'exploitation veut que les *déchargeurs hydrauliques* soient construits de telle façon que l'on puisse régler facilement la résistance (section) de la colonne liquide et garantir la forme de cette dernière. Les appareils à jet tombant *librement* (faible consommation d'eau) ont, sous l'effet des phénomènes électrostatiques qui se manifestent dans les champs électriques intenses (haute tension), une tendance à favoriser l'émiettement du jet, et, par suite, l'amorçage d'arcs; c'est pourquoi, ils ne sont à recommander que pour des tensions jusqu'à 10 à 15 000 v. Les appareils à jet d'eau sous pression, ascendant librement ou à colonne fermée d'eau sous pression doivent être préférés en cas de haute tension. Cette dernière construction présente cependant l'inconvénient de la formation de dépôts dans les tubes isolants qui renferment la colonne liquide.

Il est bon que l'on puisse, pendant le service, diminuer momentanément la résistance des colonnes d'eau en augmentant la quantité d'eau d'écoulement; cela doit être en particulier le cas pour les appareils de réseaux situés dans des contrées à orages fréquents.

b) Les *bobines de self à noyau de fer* offrent toute garantie d'un écoulement rapide des charges statiques sans exiger une attention particulière pendant le service et sans nécessiter des dispositions spéciales (comme la fourniture de l'eau nécessaire aux déchargeurs hydrauliques). Elles peuvent être employées pour les tensions les plus élevées.

Ces *bobines* ne doivent pas affecter la forme d'appareils polyphasés à noyaux magnétiques combinés. Elles doivent être construites soit comme appareils monophasés, soit, en cas de système triphasé, avec noyaux supplémentaires. En tant qu'appareils particulièrement exposés aux surtensions, elles doivent être branchées (dérivées) entre les appareils de protection proprement dits et les installations (machines ou appareils) à protéger.

Il est indiqué de munir ces bobines d'un circuit de protection des enroulements proprement dits contre les effets des ondes mobiles saccadées.

En vue d'éviter des phénomènes oscillatoires, il est bon de coupler ces bobines aux lignes à haute tension par l'intermédiaire de résistances d'amortissement.

c) Il n'y a pas de calculs ayant une portée générale ou de règles tirées de l'expérience qui permettent de déterminer le *nombre* d'appareils à écoulement continu des charges statiques qui doivent être installés dans un réseau donné; dans tous les cas, les longues lignes doivent être mises à la terre par le moyen de ces appareils au moins à chacune de leurs extrémités.

La *protection des machines et appareils des installations à réseaux aériens* exige des appareils de protection qui aient pour effet de transformer (briser) les surtensions qui, venant des lignes, se présentent dans lesdites installations. Dans l'état actuel de la technique de la protection contre les surtensions, les appareils qui entrent ici en ligne de compte, en y comprenant les bobines de réactance pouvant, le cas échéant, être shuntées par des résistances, sont : les *déchargeurs agissant comme soupapes* (parafoudres à soupape, distances explosives) et particulièrement les *parafoudres* à cornes et les appareils à distances explosives multiples, ainsi que les *condensateurs*.

a) Parmi les appareils à distances explosives, les *parafoudres à rouleaux avec résistances d'amortissement constituent* un moyen de protection économique, mais il convient de ne les employer que dans les installations à courants alternatifs à basse tension ou à tension modérément élevée, jusqu'à environ 5000-10000 v, en raison de la tendance qu'a l'arc de s'y maintenir.

Dans le cas de *parafoudres à rouleaux à distances explosives multiples*, la résistance d'amortissement ne doit pas être plus grande que celle exigée par la condition d'avoir à limiter à une valeur bien déterminée l'intensité du courant de travail qui traverse l'appareil en cas de fonctionnement de ce dernier. Les résistances d'amortissement peuvent être faites en silite, carborundum, etc. Dans tous les cas, il convient de n'employer à cet effet que des matières dont la résistivité ne varie pas et dont des essais de durée ont montré l'inaltérabilité à la chaleur.

L'étendue et l'isolement des réseaux aériens construits pour les tensions qui entrent ici en ligne de compte (jusqu'à environ 5000 v) ne sont en général pas tels que la production d'ondes mobiles dangereuses y soit à craindre. On peut donc, dans ces cas, faire abstraction de bobines de réactance.

(1) *La Revue électrique*, Littérature des périodiques, 1914, p. 49.
(2) Voir *Bulletin de l'Association Suisse des Électriciens*, 1915, p. 113. RINGWALD : Zum Ueberspannungsschutz in Sekundärnetzen.

Digitized by Google

b) Les appareils à cornes avec *résistances d'amortissement et bobines de réactance* peuvent être employés dans les installations à courant continu et à courants alternatifs pour des tensions pouvant, en général, atteindre jusqu'à 15000 v. La théorie indique qu'ils peuvent aussi être employés pour des tensions plus élevées. La pratique montre qu'ils peuvent être recommandés, comme appareils bon marché, jusqu'à la tension de 15000 v. Pour des tensions plus élevées, la condition de la limitation du courant de travail au travers de l'appareil exige des résistances d'amortissement telles que l'effet protecteur des parafoudres à cornes n'est plus suffisant, particulièrement dans les très grands réseaux aériens.

Dans les *appareils à cornes*, la distance explosive (distance entre cornes) doit être déterminée par essai dans l'installation à laquelle ils doivent appartenir, car cette distance dépend entre autres de la forme de la courbe de tension.

Le bon fonctionnement des parafoudres à cornes exige qu'il soient montés à couvert et bien protégés. L'expérience montre que, dans les installations dont les tensions sont comprises dans les limites indiquées plus haut, l'effet protecteur des parafoudres à cornes placés extérieurement est rendu illusoire du fait des trop grandes distances explosives que l'on doit ménager dans ce cas.

En ce qui concerne les dimensions à donner aux *résistances d'amortissement*, il y a lieu de tenir compte du fait que l'énergie des ondes de surtension peut y être presque complètement détruite (transformée en chaleur) si la valeur desdites résistances est égale à la « caractéristique » des lignes de transmission, soit environ 500 à 700 ohms pour chaque conducteur dans le cas des lignes aériennes. On doit donc tendre vers cette valeur de la résistance pour autant que la condition de la limitation de la valeur du courant au travers de l'appareil permet de le faire. Mais de plus grandes valeurs des résistances d'amortissement peuvent être admises sans inconvénient dans les réseaux aériens, à la condition que l'on place à l'entrée des installations à protéger des *bobines de réactance shuntées par des résistances* (voir fig. 2, page 652).

Contrairement à la pratique actuelle, les *résistances d'amortissement* doivent être montées entre lignes principales et appareils à cornes, ceci afin que ces résistances puissent aussi produire leur effet dans le cas où l'arc arriverait à atteindre des pièces métalliques voisines (fig. 2).

Cette disposition nécessite des résistances d'amortissement bien construites, en matière homogène et résistant à la chaleur. A cet égard, ce sont les résistances métalliques qui se comportent le mieux. Les résistances liquides ordinaires, plus économiques (résistances à auges et autres du même genre), dont le liquide est exposé à s'évaporer au passage du courant, ne doivent dans tous les cas pas être construites comme résistances uniquement liquides. Il est bon, par exemple, de les remplir de gravier avec mélange d'eau et de glycérine qui résiste également au froid (1). La surface de contact entre conducteurs-électrodes et mélange résistant doit être aussi grande que possible.

c) Les *combinaisons de condensateurs et de bobines de réactance* constituent pour toutes les tensions, comme le calcul le montre, la protection la plus efficace; elles se recommandent tout particulièrement dans les installations possédant de grands réseaux dans lesquels on peut s'attendre à l'apparition d'ondes mobiles particulièrement dangereuses, et pour les tensions élevées (par exemple, au dessus d'environ 10 000 v). L'expérience a confirmé la théorie, pour autant que dans les cas de très hautes tensions l'on ne s'est pas trouvé en présence de condensateurs qui ne pouvaient résister à ces tensions. Sous des formes appropriées, ces combinaisons peuvent être recommandées partout où leur prix relativement élevé le permet.

Le schéma indiqué dans la figure 3, page 652, est à recommander pour les *combinaisons de condensateurs et de bobines de réactance;* la théorie et l'expérience montrent que, pour toutes les tensions, cet arrangement répond suffisamment aux principes de protection que nous avons exposés plus haut, pour autant du moins que les appareils qui entrent dans ces combinaisons sont convenablement dimensionnés.

Dans ce cas, le shuntage des bobines de réactance au moyen de résistances convenablement dimensionnées est à recommander.

L'usage courant qui consiste à faire les prises des condensateurs *avant* les bobines de réactance est pratiquement sans influence sur l'effet de protection de ces combinaisons sur les installations qui se trouvent derrière elles.

L'effet de protection de ces combinaisons est subordonné au choix approprié des dimensions et d'une bonne construction des appareils qui les composent.

Pour une installation donnée, la *valeur de l'inductance* des bobines de réactance est à déterminer d'après l'*effet de protection* que l'on veut obtenir. A notre sens celui-ci consiste dans la réalisation d'un adoucissement déterminé du front des ondes de surtension qui se présentent dans les installations à protéger après avoir passé les bobines de réactance. D'après cela et sur la base d'hypothèses précises (1),

(1) Selon nous, l'effet de protection d'une bobine de réactance est défini par le gradient de potentiel maximum au front d'une onde de longueur infinie qui traverse cette bobine et qui est supposée être à front droit avant d'y entrer. Les chiffres du tableau ci-dessous sont calculés en partant de l'idée que le gradient de potentiel le long de la ligne ne doit pas excéder 500-750 v par mètre courant. Il a de plus été admis que la tension de décharge des isolateurs, qui limite la valeur des surtensions qui peuvent exister sur la ligne, ne dépasse pas trois à quatre fois la valeur de la tension de service par rapport au sol. Pour de plus amples renseignements, nous renvoyons au *rapport que la Commission publiera prochainement* et qui indiquera les principes sur lesquels la Commission s'est basée dans ses recherches numériques.

Les données suivantes représentent des valeurs moyennes que l'on doit chercher à atteindre. Elles présentent une certaine sécurité en ce sens que les inductances indiquées sont en état d'exercer une protection encore suffisante pour le cas où les condensateurs seraient détachés, ce qui ne serait pas le cas avec les bobines de réactance beaucoup plus petites que l'on emploie le plus souvent maintenant.

Tension de service	Inductance désirable des bobines de réactance
jusqu'à 10 000 v	environ 0,15 millihenry
20 000	0,30
35 000	0,30
45 000	0,40
60 000	0,50
80 000	0,65
100 000	0,80

Les valeurs les plus grandes des inductances indiquées ci-dessus conduisent à des bobines cylindriques de grande longueur. Celles-ci peuvent être montées en partie extérieurement, à l'entrée des lignes aériennes, ou bien on peut faire usage de bobines plates (galettes) qui exigent un espace sensiblement moins grand que les bobines cylindriques.

Le tableau ci-dessous renseigne sur le nombre nécessaire et sur la grandeur des bobines cylindriques simples telles qu'elles sont encore employées, le plus souvent actuellement. Ces données se rapportent aux bobines en fil de fer ou en fil de cuivre avec spires

(1) Voir Procès-verbal de la séance de discussion de l A. S. E., 1912. *Bulletin de l'Association suisse des Electriciens*, 1912, p. 174.

Digitized by Google

il est possible de déterminer, pour toutes les tensions et pour les conditions qui sont celles des réseaux aériens du pays, les valeurs des inductances que doivent avoir les bobines de réactance.

Les bobines cylindriques peuvent être faites en fil de fer si les courants qui entrent en jeu ne sont pas trop intenses et n'exigent pas une trop grande section.

Les *résistances-shunts* qui, dans les réseaux aériens, ont pour but de produire un amortissement des circuits oscillants, doivent avoir une valeur de 600 à 1 000 ohms. Lorsque les bobines de réactance se composent de plusieurs unités montées en série, il suffit de shunter celle qui se trouve du côté des installations à protéger. Le carborundum peut être recommandé comme matière à employer pour la fabrication de ces résistances-shunts.

Les *condensateurs* doivent avoir une capacité d'au moins 0,025 microfarad par phase. Il y a lieu de veiller, spécialement dans les installations à haute tension qui peuvent nécessiter plusieurs batteries de condensateurs associés en série, à ce que cette limite inférieure soit autant que possible assurée. L'effet de protection des condensateurs croît avec leur capacité, mais leur encombrement et leur coût croissent en même temps, ce qui en limite les applications. Avec les condensateurs que l'on trouve actuellement sur le marché, on va souvent jusqu'à 0,05 microfarad.

La *disposition constructive* des batteries des condensateurs doit avant tout offrir une sécurité suffisante contre les claquages. Cette condition est évidente si l'on veut que les condensateurs produisent réellement un effet de protection. D'après les expériences qui ont été faites jusqu'à présent, toutes les batteries en service ne sont pas en état de la réaliser. La construction des bornes des éléments et l'isolement des bornes terminales doivent être l'objet d'une attention toute particulière. En vue de la sécurité, les condensateurs doivent être constitués par des éléments couplés en parallèle et assurés individuellement. Le contrôle de l'état des coupe-circuits des différents éléments doit être facilité par des dispositions constructives telles que les coupe-circuits détériorés se reconnaissent facilement.

Tous les éléments d'une batterie appartenant à une même phase doivent former un tout monté dans un bâti mis à la terre conformément aux prescriptions qui régissent cette matière. Dans le but de pouvoir procéder aux réparations en dehors des cellules à haute tension, les bâtis ou cadres doivent être montés sur roulettes et, dans tous les cas, être facilement déplaçables.

Les *batteries de condensateurs* doivent être couplées aux lignes à haute tension par l'intermédiaire de déconnecteurs avec touche de résistance. Ces résistances doivent être en matériaux solides (silite, carborundum); leur ordre de grandeur doit être de 500 à 1 000 ohms.

Les condensateurs doivent, autant que possible, être placés au niveau du sol. Les lignes de terre doivent être aussi courtes que possible et leur tracé doit éviter les angles. Leur section (cuivre supposé) ne doit pas être inférieure à 50 mm²; le fer ne doit pas être employé à cet effet.

Lorsque les condensateurs ne peuvent être placés à courte distance du sol et qu'ils doivent, par exemple, être montés à un étage supérieur, la section des lignes de terre doit être augmentée en conséquence.

a) La *disposition spéciale et l'ordre dans lequel les différentes parties des installations se suivent* (lignes de transmission, appareils de protection, installations à protéger) doivent, conformément à l'expérience, être tels que les appareils de protection proprement dits se trouvent en alignement avec les lignes d'arrivée, tandis que les installations à protéger doivent être reliées au moyen de dérivations qui n'ont pas la même direction que les lignes d'arrivée;

b) Dans les installations à haute tension (à partir d'environ 20 000 v) et aux endroits où il y a changement de direction, les lignes conduisant les courants de travail doivent passer insensiblement d'une direction dans l'autre (éviter les coudes, les angles aigus);

c) Dans les installations à très haute tension (à partir d'environ 40 000 v), il faut éviter autant que possible toutes les arêtes, les angles et les pointes dans les parties qui sont sous tension, soit dans les lignes, appareils, bornes, etc.

Les *stations de transformateurs reliées à des réseaux aériens* doivent en principe être protégées de la façon indiquée plus haut.

de 20 et 30 cm de diamètre. La distance entre spires est admise à 15 mm. En raison de la très grande rapidité avec laquelle les phénomènes se déroulent au moment de l'arrivée d'une onde de surtension sur une bobine, l'influence du fer sur la valeur de l'inductance à donner aux bobines peut être négligée. D'autres formes de bobines, qui ont déjà été employées, seront considérées dans le rapport dont il a été question ci-dessus et que la Commission se propose de publier prochainement.

Nombre des bobines par phase avec leur nombre de spires pour diamètres de 30 et 20 cm.

Diamètre du fil en mm		8		10		12		15	
Courant admissible en ampères.	cuivre	200		300		400		550	
	fer	70		100		150		200	
Tension de service en volts.	Inductance totale par phase, en millihenry.	30 cm	20 cm	30 cm	20 cm	30 cm	20 cm	30 cm	20 cm
10 000	0,15	2 × 24	4 × 25	2 × 26	4 × 26	3 × 20	5 × 24	3 × 21	6 × 21
20 000	0,20	3 × 22	5 × 26	3 × 24	6 × 26	3 × 24	7 × 24	4 × 24	8 × 21
35 000	0,30	4 × 24	8 × 26	4 × 26	9 × 26	6 × 20	10 × 24	6 × 21	
45 000	0,40	5 × 25	10 × 26	6 × 24		6 × 24			
60 000	0,50	6 × 26		7 × 25					
80 000	0,65	8 × 26							
100 000	0,80	10 × 25							

Digitized by Google

Dans les parties de réseaux exposées à des dérangements atmosphériques fréquents, il y a lieu de mettre un soin particulier à l'arrangement des appareils de protection des stations de transformateurs. Des résultats particulièrement favorables ont été obtenus dans de tels cas au moyen de combinaisons de condensateurs et de bobines de réactance.

Lorsque, par manque de place ou pour des raisons d'économie, les stations de transformateurs ne peuvent être équipées de condensateurs, la protection nécessaire peut être obtenue par l'association en série de plusieurs bobines de réactance. Dans ces cas, l'inductance totale ne doit pas être inférieure à 0,5 millihenry. Une partie des bobines nécessaires peuvent être montées extérieurement, par exemple sur le support de ligne le plus proche de la station. La bobine de réactance la plus rapprochée des transformateurs doit être shuntée par une résistance d'amortissement.

L'emploi simultané de parafoudres à cornes suivant figure 2 peut être recommandé pour le cas où ces appareils peuvent être placés dans les stations.

Si les conditions d'exploitation le permettent, il peut être utile de se servir de *fer pour les lignes de dérivation aux stations de tranformateurs*.

En principe, la protection des *réseaux souterrains* peut être assurée par les dispositifs de protection indiqués plus haut.

a) Les *appareils à distances explosives multiples avec résistances d'amortissement* convenablement dimensionnées peuvent être recommandés comme assurant une protection suffisante des réseaux à tension inférieure à 5 000 — 10 000 v ;

b) Dans les installations de plus de 5 000 — 10 000 v, il est rationnel d'éviter l'emploi d'appareils à distances explosives et d'employer à leur place des *combinaisons de condensateurs et de bobines de réactance shuntées par des résistances*.

La résistance de ces shunts doit être dimensionnée en vue d'obtenir qu'elles absorbent, dans la plus grande mesure possible, l'énergie en jeu ; pour les réseaux souterrains modernes, ces résistances varient de 50 à 100 ohms.

Les *condensateurs* et les autres appareils doivent être montés selon figure 3, page 652. La capacité nécessaire pour la réalisation d'un effet de protection donné peut être inférieure à celle qu'exigent les réseaux aériens. Avec les condensateurs modernes de construction courante et de capacités comprises entre 0,025 et 0,050 micro-farad, il suffit généralement de brancher ces appareils entre les rails d'où partent tous les câbles.

Les brins des câbles doivent être reliés à la terre par l'intermédiaire de *fortes résistances* qui ont pour but *d'amortir les oscillations entre conducteurs et terre*. La valeur de ces résistances est déterminée par les pertes admissibles. Pour les installations à tension modérée, on peut employer des résistances solides (par exemple, de la silite), tandis qu'on peut faire usage de résistances hydrauliques (eau non courante) dans les installations à haute tension.

c) En cas de liaison directe d'un câble de transport et d'une ligne aérienne, les extrémités du câble, comme celles de la ligne aérienne, doivent être munies à cet endroit de bobines de réactance shuntées. Lorsque la tension est élevée (au-dessus d'environ 10 000 v), il est indiqué d'augmenter l'effet de protection de ce dispositif en plaçant un condensateur entre les bobines de réactance.

Les dimensions des appareils de protection que l'on emploie ne peuvent pas toujours être telles que l'on soit assuré de réaliser une protection absolue des installations contre tous les phénomènes de surtension qui peuvent se produire. C'est pourquoi il est bon de prendre *d'autres mesures préventives propres à éviter les dangers auxquels les machines et appareils sont exposés*. Ce sont les suivantes :

L'isolation des parties d'installations auxquelles les surtensions peuvent produire des dommages particulièrement graves (enroulements des machines et transformateurs, câbles) doit être telle que sa tension de rupture soit notablement supérieure à la tension de décharge des isolateurs intérieurs ; elle doit autant que possible être aussi élevée que les considérations d'ordre économique le permettent.

Toutes les inductances qui font partie intégrante des installations d'exploitation, comme les transformateurs de courant et les bobines de déclanchement des interrupteurs, doivent être *shuntées* par des résistances propres à empêcher les surtensions indirectes et à assurer la protection desdites inductances.

Le shuntage au moyen de résistances ohmiques doit être préféré au shuntage par distance explosive, ceci afin d'éviter les circuits oscillants locaux. Ces résistances peuvent être faites en carborundum ou en silite. Lorsqu'elles sont destinées à des transformateurs de courant de précision, elles doivent être dimensionnées de telle façon que l'exactitude des appareils n'ait pas à en souffrir [1].

La pénétration d'ondes mobiles d'origine secondaire dans les *enroulements des transformateurs* peut être pratiquement réduite dans une proportion propre à éviter tout danger, *au moyen de bobines de réactance shuntées par des résistances*, bien dimensionnées et *placées avant les bornes des transformateurs*.

L'inductance de ces bobines de réactance ne doit pas être inférieure à la moitié de celles qui sont indiqués ci-dessus page 649, *c*), où se trouvent également les observations relatives au choix des matériaux à employer et des dimensions à donner aux résistances-shunts.

L'*isolation supplémentaire dont les spires d'entrée des enroulements à haute tension des transformateurs* doivent être munies doit s'étendre à 5 pour 100 au moins des spires desdits enroulements. On peut faire abstraction de cette isolation supplémentaire dans les transformateurs dont les spires sont isolées de façon à présenter d'elles-mêmes une sécurité correspondante, ainsi que cela est généralement le cas dans les transformateurs modernes jusqu'à environ 10 000 v.

L'isolation supplémentaire ne constitue pas une protection contre les effets de résonance qui peuvent résulter de la disposition des enroulements et qui peuvent, par exemple, provenir d'excitations par chocs.

Le *calage des bobines des transformateurs*, en vue d'éviter dans la mesure du possible les effets des courts-circuits, est une nécessité pour les petits aussi bien que pour les gros transformateurs. Les efforts qui entrent en jeu dans ces cas détériorent l'isolation des bobines insuffisamment calées.

Pour éviter la pénétration des ondes mobiles d'origine secondaire dans les enroulements des générateurs, il y a lieu de *relier ces derniers aux rails de couplage* en se servant pour cela de conducteurs de faible « caractéristique » et, autant que possible, de *câbles*.

Les *isolateurs d'entrée dans les transformateurs* (cabines de transformation) *et appareils* (interrupteurs à huile,

[1] E. Wintz : Ueberspannungserscheinungen bei Stromwandlern. *Bulletin de l'Association suisse des Electriciens*, 1915, page 121.

Digitized by Google

têtes de câbles) doivent être faits selon les principes qui ressortent des connaissances actuelles en matière de « Résistance des diélectriques » (1), et en tenant compte des efforts supplémentaires auxquels ils peuvent être soumis (réflexions, ondes mobiles saccadées). On évitera ainsi les sources d'accidents que pourraient entraîner des constructions défectueuses.

Il est aussi nécessaire que la *tension à la rupture* (perçage) de ces isolateurs soit notablement supérieure à leur *tension de décharge*. Leur construction doit être prévue de façon à éviter la formation d'effluves à l'intérieur des canaux de traversée. A cet égard, il y a lieu de veiller tout particulièrement à ce que ces précautions soient observées dans les transformateurs spécialement exposés (stations de transformateurs).

Dans les réseaux à haute tension, *la mise à la terre du point neutre* par l'intermédiaire d'une résistance peut, en principe, être recommandée comme moyen d'éviter les surtensions.

La valeur à donner à ces résistances de mises à la terre ne peut être prédéterminée sûrement; elle doit plutôt être fixée par tâtonnement en tenant compte des conditions particulières des réseaux auxquels elles doivent s'adapter. En Suisse, les résistances hydrauliques à écoulement réglable se sont montrées bien appropriées au rôle en question. Ce qui a été dit p. 648 *a*) s'applique à la construction de ces appareils.

A. Montage des appareils de protection en fin de lignes.

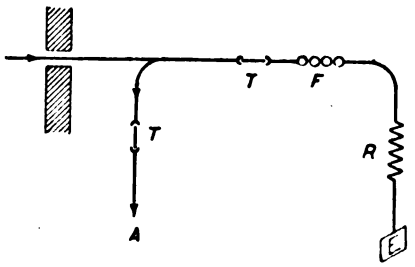


Fig. 1.
Emploi des appareils à distances explosives avec résistances d'amortissement, pour tensions jusqu'à environ 5—10000 volts

Légende :

A: Aux installations à protéger.
C: Condensateur.
E: Terre (plaque de terre, etc.)
F: Appareils à distances explosives (parafoudres à rouleaux, etc.)
H: Parafoudres à cornes.
LR: Bobine de réactance avec résistance-shunt.
R: Résistance solide.
RW: Résistance hydraulique.
SS: Interrupteur à résistances insérées (par exemple, déconnecteur avec touche de résistance).
T: Déconnecteur.

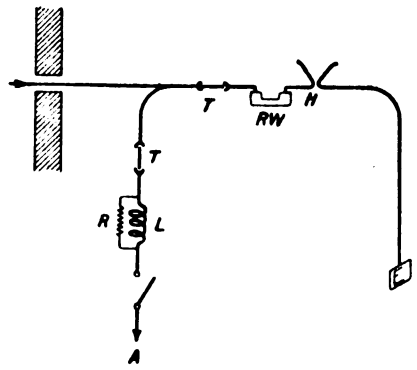


Fig. 2.
Emploi des parafoudres à cornes avec résistance d'amortissement et bobine de réactance, pour tensions jusqu'à environ 15000 volts

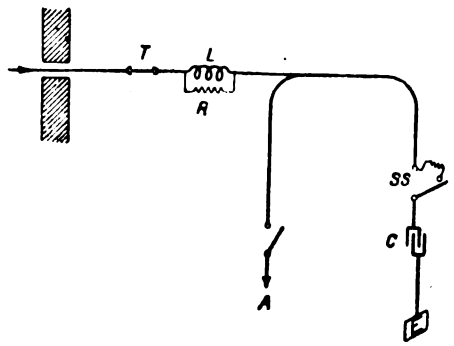


Fig. 3.
Emploi des condensateurs avec des bobines de réactance

Les *machines et les transformateurs* reliés aux réseaux doivent avoir des courbes de tension qui se *rapprochent autant que possible de la sinusoïde*, ceci afin d'éviter que les tensions des réseaux ne présentent des harmoniques d'ordre supérieur.

Lorsque ces conditions ne peuvent être réalisées par des dispositions constructives correspondantes, l'étouffement des harmoniques peut être obtenu au moyen de bobines de réactance shuntées par des résistances.

Comme les constantes que les différents organes d'une installation doivent avoir pour que les conditions de résonance soient réalisées ne peuvent généralement pas être déterminées avec précision par le calcul, il convient de déterminer par essais la valeur de l'inductance à donner à ces bobines de réactance.

L'expérience montre qu'en *construisant et en disposant convenablement les appareils de couplage et les coupe-circuits*, il est possible d'éviter une grande partie des phénomènes de surtension qui peuvent être dus à des manœuvres de couplage. A cet égard, il y a lieu d'observer les points suivants :

a) *L'emploi de coupe-circuits à haute tension ne doit être admis que conditionnellement.* Les coupe-circuits ne peuvent être recommandés sans réserve que pour la protection de lignes de départ qui, même en cas de liaison unipolaire, n'ont pas de capacité appréciable soit entre elles, soit par

(1) Voir, par exemple, GILES et CAPART : Betriebsstörungen an Freileitungen durch elektrische Ueberspannungen. *Bulletin de l'Association suisse des Electriciens*, 1914, p. 221. A. WAEBER : Quelques cas de surtensions d'origine atmosphérique dans un grand réseau aérien. *Bulletin de l'Association suisse des Electriciens*, 1914, p. 179.

Digitized by Google

B. Disposition des appareils de protection dans les usines.

Protection par simples parafoudres à cornes, jusqu'à environ 15 000 volts.

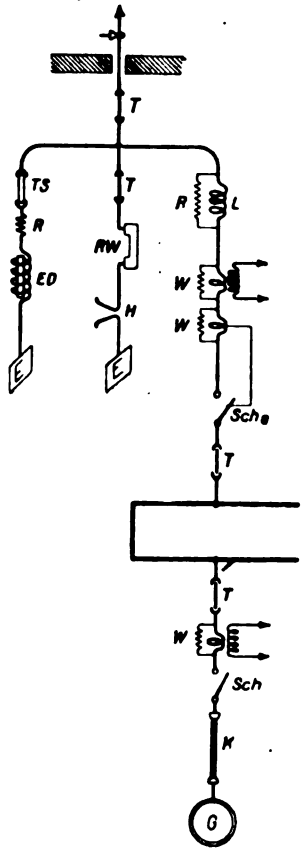


Fig. 4.

Protection par condensateurs, appropriée à toutes tensions.

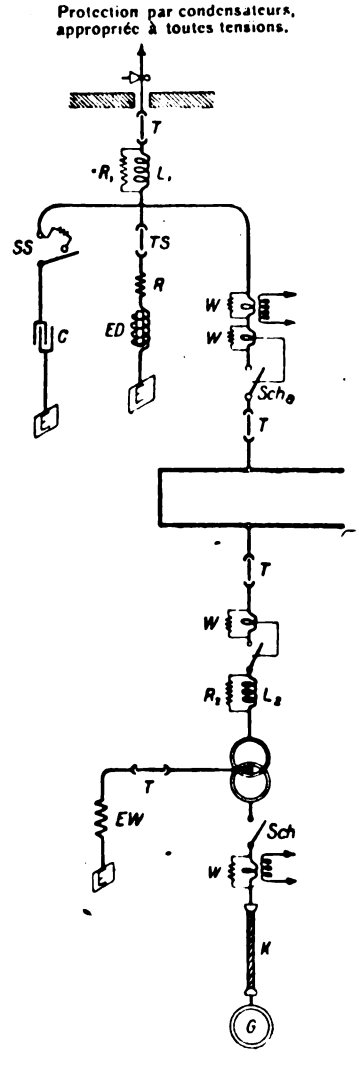


Fig. 5.

Départs souterrains.

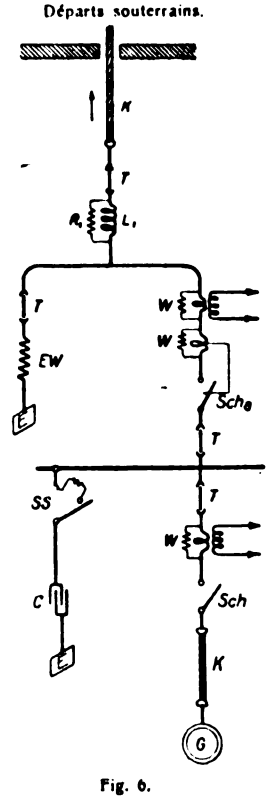


Fig. 6.

Légende :

H: **Parafoudre à cornes pour dérivation des surtensions de grande amplitude.**
RW: **Résistance hydraulique, comme résistance d'amortissement pour l'appareil à cornes.**
RL: **Bobine de réactance shuntée par une résistance.**
ED: **Bobine de réactance pour l'écoulement des charges statiques des réseaux aériens; cas échéant: déchargeur à jet d'eau**
R: **Résistance solide pour l'amortissement des oscillations dans le circuit de décharge.**
TS: **Coupe-circuit pour la bobine de protection.**
W: **Résistances-shunts des transformateurs de courant, bobines de déclanchement des interrupteurs à haute tension, en évitation des phénomènes de réflexion par ondes transmises.**
E: Terre (plaque de terre, etc.)
K: **Câble de jonction des générateurs (capacité protégeant les enroulements des génératcurs).**
T: Déconnecteur.
Sch: Interrupteur à huile.
Scha: Interrupt. automatique à huile avec relais à haute tension.
G: Générateur.

$R_1 L_1$: **Bobine de réactance avec résistance-shunt.**
C: **Condensateur pour détourner les surtensions primaires (ondes mobiles, ondes saccadées).**
SS: **Interrupteur à résistances insérées pour la protection du condensateur (par exemple, déconnecteur avec touche de résistance).**
ED: **Bobine de réactance pour l'écoulement des charges statiques des réseaux aériens; cas échéant: déchargeur à jet d'eau.**
TS: **Coupe-circuit de séparation.**
W: **Résistances-shunts des transformateurs de courant, bobines de déclanchement des interrupteurs à haute tension, en évitation des phénom. de réflexion par ondes transmises.**
$R_2 L_2$: **Bobine de réactance avec résist.-shunt pour détourner du transformateur les ondes saccadées.**
EW: **Résistance de mise à terre du point neutre.**
E: Terre (plaque de terre, etc.)
K: **Câble de jonction des générateurs (capacité protégeant les enroulements des générateurs).**
T: Déconnecteur.
Sch: Interrupteur à huile.
Scha: Interrupteur automatique à huile avec relais à haute tension.

$R_1 L_1$*): **Bobine de réactance avec résistance-shunt pour détourner les ondes de surtension dues à des manoeuvres de couplage ou à des mises à la terre.**
C: **Condensateur connecté aux rails de départ de tous les câbles.**
SS: **Interrupteur à résistances insérées pour le condensateur.**
W: **Résistances-shunts des transformateurs de courant, bobines de déclanchement des interrupteurs à haute tension, en évitation des phénomènes de réflexion par ondes transmises.**
EW: **Résistance de mise à terre pour éviter les oscillations en cas de mise à la terre sur un pôle.**
E: Terre (plaque de terre, etc.)
K: Câble.
T: Déconnecteur.
Sch: Interrupteur à huile.
Scha: **Interrupteur automatique à huile avec relais à haute tension.**

*) La résistance-shunt doit être dimensionnée en vue d'absorber la plus grande partie possible de l'énergie de la surtension.

Digitized by Google

C. Disposition des appareils de protection dans les stations de transformateurs.

Transformateurs sur poteaux.

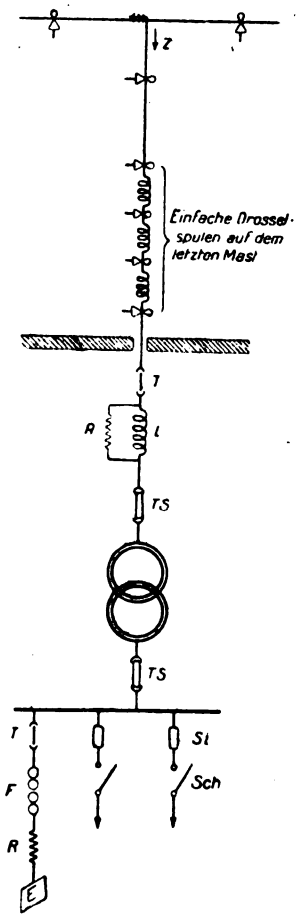


Fig. 7.

Petites stations

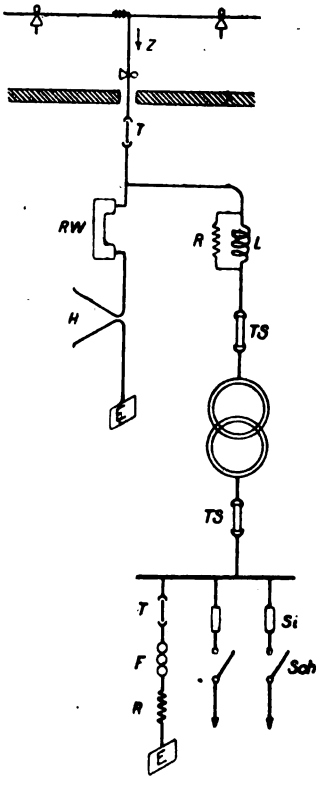


Fig. 8.

Grandes stations.

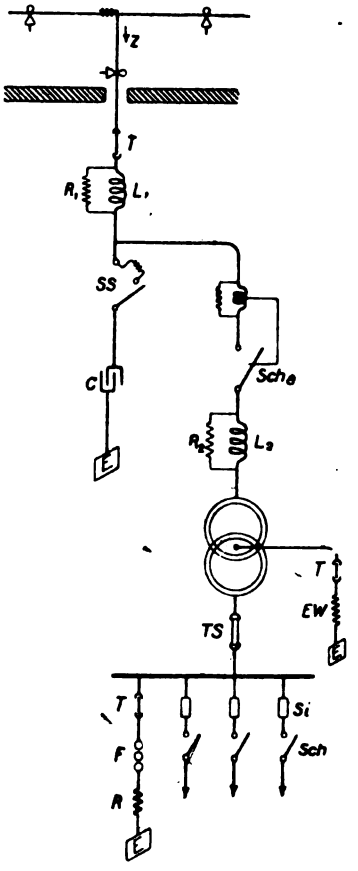


Fig. 9.

Légende:

Z: Dérivation de la station (év. en fil de fer).
H: Parafoudre à cornes pour dérivation des surtensions de grande amplitude.
RW: Résistance hydraulique, comme résistance d'amortissement pour l'appareil à cornes.
R_1L_1: Bobine de réactance avec résistance-shunt pour détourner les ondes de surtension dues à des manoeuvres de couplage ou à des mises à la terre
C: Condensateur.
SS: Interrupteur à résistances insérées pour le condensateur
EW: Résistance de mise à terre pour éviter les oscillations en cas de mise à la terre sur un pôle.
E: Terre (plaque de terre, etc).
T: Déconnecteur.
Sch: Interrupteur automatique à huile avec relais à haute tension.
F: Appareil à distances explosives.
R: Résistance solide comme amortisseur pour l'appareil à distances explosives.
Si: Coupe-circuit secondaire.

rapport à la terre (lignes de jonction pour services auxiliaires).

Les lignes qui aboutissent à des stations de transformateurs éloignées doivent toujours être protégées au moyen d'interrupteurs automatiques.

b) Les phénomènes transitoires qui se produisent au moment de la mise en ou hors circuit des gros transformateurs statiques à haute tension, des gros moteurs d'induction et des réseaux souterrains étendus *rendent nécessaires l'emploi d'interrupteurs munis de résistances protectrices non inductives*. La valeur de ces résistances de protection contre les surtensions peut être déterminée approximativement dans des cas donnés (1); elle est de l'ordre de grandeur de 500 à 1 000 ohms. Mais la protection des interrupteurs mêmes nécessite des résistances beaucoup plus faibles (1) dans le cas où ces appareils sont très fortement chargés. La grandeur des résistances doit être proportionnée au travail de l'appareil sous charge maximum.

c) Les *dispositions que l'on peut prendre en vue de réduire les quantités d'énergie mises en jeu en cas de courts-circuits* (bobines de réactance insérées, partage des rails) assurent également et dans une grande mesure la protection contre les surtensions. Les dispositifs de protection spéciaux des interrupteurs (relais-blocs, interruption des surcharges par réduction de l'excitation des générateurs) agissent dans le même sens.

(1) Voir B. Bauer : Ueber die Notwendigkeit von Schutzwiderständen in Hochspannungsölschaltern. *Bulletin de l'Association suisse des Électriciens*, 1914, p. 15.

(1) Voir : Dritter Bericht der Kommission für Hochspannungsapparate und Brandschutz. Vorschaltwiderstände und Reaktanzen als Schutz für Oelschalter. *Bulletin de l'Association suisse des Électriciens*, 1916, p. 85.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

Quelques problèmes scientifiques à résoudre

Comme suite à une communication faite antérieurement à l'Académie des Sciences et signalée dans la R. G. E. du 17 mars, p. 401, M. H. Le Chatelier indique dans l'article ci-dessous le rôle qui échoit aux industriels dans la réalisation de l'union étroite de la science et de l'industrie. Après avoir montré par deux exemples, l'un relatif à la fabrication des lampes à filament de carbone, l'autre à la fabrication électrolytique du fer, combien nous font défaut les données scientifiques cependant indispensables à ces deux branches de l'industrie électrique, il insiste sur la nécessité, pour l'ingénieur, de bien mettre en évidence les facteurs dont dépend le problème dont la solution doit être demandée au savant. En terminant, il signale que cette méthode de travail vient d'être appliquée aux Etats-Unis pour les questions intéressant la défense nationale.

Dans une note publiée sous le même titre aux « Comptes rendus de l'Académie des Sciences », je m'étais efforcé d'indiquer quelques principes devant, à mon idée, inspirer toutes les tentatives de collaboration des savants avec les industriels. Ce programme reposait sur une division bien nette du problème. Aux industriels incombe le soin d'analyser d'une façon précise les facteurs dont dépendent les opérations industrielles et de signaler ces facteurs aux méditations et expériences des savants. A ceux-ci le soin de compulser les résultats déjà acquis et de les compléter par de nouvelles mesures. Depuis le début de la guerre, les savants auraient certainement rendu des services plus grands à la Défense nationale si, au lieu de chercher à inventer de nouveaux gaz asphyxiants, de nouveaux canons, etc., ils avaient orienté leurs travaux vers l'étude méthodique du nombre infini de facteurs élémentaires que met en jeu notre armement. Mais, pour cela, ils auraient dû au préalable être renseignés sur la nature exacte des phénomènes à étudier.

Ce sont là des idées difficiles à faire accepter. A la suite de ma communication à l'Académie des sciences, j'ai reçu bien des lettres qui m'ont fait comprendre quelle était encore l'incompréhension générale de la méthode scientifique. Un fabricant, en me félicitant de mon initiative, me dit qu'il m'envoie un litre d'eaux sales provenant d'une de ses fabrications, et me serait bien reconnaissant si je pouvais lui donner un procédé pour tirer un parti avantageux de ces résidus; mais il ne me donne aucun renseignement sur la composition de ses eaux boueuses qu'il n'a sans doute jamais eu la curiosité de faire analyser. Un tailleur appelle mon attention sur une grande découverte, l'application des coordonnées cartésiennes à la taille des vêtements. Un aviateur désirerait occuper ses loisirs à perfectionner les moteurs d'aviation et me demande de lui donner la liste des problèmes à résoudre dans ce but. Un savant doit être prêt à donner son avis sur toute chose sans aucune réflexion préalable. Je n'ai jamais vu un moteur d'aviation, peu importe. C'est l'ancienne conception de l'alchimiste, l'homme supérieur à la nature qui peut commander par des incantations magiques, sans avoir besoin de rien étudier ni de rien savoir.

M'adressant à des électriciens plus versés dans les questions scientifiques, j'espère avoir quelque chance de me faire comprendre. L'électricité a cependant encore beaucoup à faire pour employer des méthodes de travail réellement scientifiques, c'est-à-dire décomposer chaque phénomène en ses éléments et ensuite mesurer rigoureusement tous ces facteurs élémentaires. J'en donnerai un seul exemple. Pendant longtemps, tout l'éclairage électrique a reposé sur l'incandescence de filaments de charbon; cette incandescence résulte de la résistivité du charbon. Or, on ne trouve pas dans les traités et manuels d'électricité un seul ensemble de mesures sur la variation de cette résistivité en fonction de la température. Il semble pourtant que cette étude si simple à effectuer aurait dû être réalisée de tous côtés, d'autant plus que, indépendamment de son utilité pratique, elle présente, au point de vue purement scientifique, un très grand intérêt se rattachant aux propriétés anormales du carbone.

Les exemples semblables pourraient être indéfiniment multipliés. La fabrication électrolytique du fer, qui semble appelée à un très bel avenir industriel, met en jeu un phénomène capital : la polarisation des électrodes, c'est la seule raison pour laquelle toute la fabrication du fer ne se fait pas depuis longtemps par électrolyse comme le raffinage du cuivre. On aurait dû multiplier les mesures de ce phénomène, voir comment il varie en fonction de la composition des électrolytes et de la température. On n'en a rien fait.

Cette situation tient à ce que les ingénieurs d'usine ne possèdent pas en général une tournure d'esprit, très désirable cependant, l'habitude d'observer et d'analyser. Voici un exemple remarquable de cette lacune. Au cours de tournées d'usines faites à l'occasion d'études sur la fabrication des briques de silice, j'ai demandé dans nos

Digitized by Google

principales aciéries quels sont les qualités et défauts de ces briques, que faut-il éviter dans leur fabrication, que faut-il obtenir? A peu près nulle part on n'a pu me donner d'indications précises; neuf fois sur dix on m'a répondu : il faut que les fours Martin construits avec ces briques durent le plus longtemps possible. Mais aucune analyse des facteurs élémentaires de cette destruction des fours. Est-ce par fusion ou par éclatement des briques qu'ils périssent? Est-ce par soulèvement des voûtes ou au contraire par leur affaissement ou de toute autre façon?

De même, dans une tournée antérieure faite pour l'étude des sables de poche d'aciérie, aucun ingénieur n'a pu m'indiquer les résistances mécaniques, la composition chimique et les porosités d'un bon sable. De même encore, pour les sables de moulage en fonderie, on ne trouve nulle part, non seulement les grandeurs numériques désirables pour chacune de leurs qualités élémentaires, mais même la simple énumération de ces qualités. Et pourtant, une fois ces facteurs définis, leur étude au laboratoire serait d'une simplicité enfantine. La difficulté serait alors de trouver des opérateurs consentant à s'abaisser jusqu'à des mesures aussi peu importantes, ou du moins jugées telles, et dont la réalisation ferait cependant gagner annuellement des millions au pays.

Nous avons l'habitude en France d'accepter plus facilement les réformes venant de l'étranger. Je puis, à l'appui de mes idées, citer ici un exemple très réconfortant, en l'empruntant aux États-Unis. Le Président Wilson a provoqué, il y a un an, la création d'un Conseil de recherche scientifique destiné à collaborer à l'organisation de la défense militaire. Les membres de ce grand Conseil national ont été nommés conjointement par lui et par le président de l'Académie des Sciences de Washington. La méthode suivie par ce Conseil est exactement celle que je préconise. Il a nommé un certain nombre de Comités de travail chargés d'étudier chacun une question déterminée. L'un s'occupe de l'aviation, un autre de la fabrication de l'acide nitrique synthétique nécessaire pour les explosifs, etc. Ces Comités ont commencé par dresser la liste des problèmes utiles à faire étudier dans les laboratoires particuliers des États-Unis. Ils en ont publié des listes sommaires et, de plus, le président de chaque Comité se tient à la disposition des savants qui veulent apporter leur concours à la défense nationale pour leur donner des programmes de travail.

Par exemple, M. Noyes, chimiste bien connu, qui est président du Comité de l'acide nitrique, a donné à tous les savants qui la désirent l'indication des catalyseurs intéressants à étudier. Cette coordination des efforts évite les doubles emplois.

Au Comité de l'aéronautique le colonel Squier, directeur de l'aviation militaire, a donné dans un rapport, publié par l'Académie de Washington, une liste de 25 questions à étudier : étude mathématique des lois du mouvement des fluides; étude expérimentale de la direction des filets gazeux circulant autour de corps solides de forme géométrique; carte des courants supérieurs de l'atmosphère d'après les données recueillies par les météorologistes; détermination des relations de similitudes entre appareils de taille différente en vue de l'utilisation de petits modèles d'expérience, comme cela se fait pour les carènes de navires; théorie expérimentale et mathématique de l'hélice; loi du refroidissement des radiateurs dans le cas de liquides ayant un point d'ébullition supérieure à celui de l'eau; résistance des tubes aux mouvements vibratoires; protection des fils contre la rouille par des dépôts métalliques plus efficaces que celui du nickel; étude de l'origine des sons produits par un aéroplane, en vue d'arriver à les réduire; étude particulière de l'hélice, à ce point de vue; propriétés de différents enduits transparents : ténacité, résistance à l'humidité, au feu, etc.; étude des propriétés des alliages légers d'aluminium; appareils légers pour télégraphie sans fil; étude des propriétés des toiles pour ailes d'aéroplanes; examen de la possibilité d'employer le coton, dans le but de se rendre indépendant des pays étrangers: étude de vêtements incombustibles, indicateurs de vitesses, etc.

L'amiral Taylor prépare, en ce qui concerne la marine, un programme semblable.

Après ce qu'ont fait les industriels allemands, ce que font aujourd'hui les industriels anglais et américains, il faut que nos industriels s'ébranlent à leur tour, essayant de poser aux savants des questions raisonnables, des problèmes solubles et ne se contentant plus comme par le passé de leur demander la lune. Si alors les savants ne répondent pas et continuent à vivre dans les nuages, ils seront les seuls coupables et l'opinion publique saura bien les forcer à faire de la besogne utile. C'est aujourd'hui un devoir pour tous les Français de travailler activement au relèvement du pays après la guerre; on n'a plus le droit de se cantonner dans les études qui vous semblent les plus amusantes ou demandent le moindre effort. Mais je le répète, c'est aux industriels à commencer, ils doivent nous poser des questions intelligentes.

H. Le Chatelier,
Membre de l'Institut.

Digitized by Google

La traction électrique sur les grandes lignes italiennes de chemins de fer

Les chemins de fer italiens ont été les premiers, en Europe, à appliquer la traction électrique sur les grandes lignes. L'électrification a été faite sur des lignes de montagne particulièrement difficiles au point de vue trafic et profil et où la traction à vapeur se montrait complètement insuffisante malgré les derniers perfectionnements qu'elle a subis. L'auteur, dans cet article, énumère les lignes italiennes où la traction électrique a été appliquée; il en donne les principales caractéristiques, décrit les installations fixes et les locomotives électriques employées sur ces lignes, et montre tous les avantages que l'exploitation a tirés de l'électrification.

Généralités. — Combien d'Italiens épris de leur pays déplorent qu'aujourd'hui encore, dans la grande majorité de la population, on trouve, profondément enraciné, le préjugé que rien ne peut mieux être fait qu'à l'étranger et en particulier en Allemagne!

Et cependant, si l'on observe la production du pays, on reconnaît précisément que, pour les produits qui nécessitent le plus de précision et de soin dans leur travail ou qui sont de dimensions ou de prix considérables, la concurrence européenne et américaine se trouve battue; souvent même, ces produits sont techniquement plus parfaits et mieux adaptés aux nécessités locales.

Parmi eux, quelques-uns tout à fait originaux, se sont imposés non seulement à l'étranger, mais même en Italie, et il nous suffira de citer entre les principaux, les automobiles, les machines à vapeur fixes, tout le matériel de chemins de fer, depuis les locomotives des plus grandes puissances jusqu'aux wagons et voitures de tous les types possibles.

Il ne devrait cependant exister aucune raison de préférer d'emblée les produits étrangers; en effet, les faits démontrent que, quand les Italiens n'ont pas cru, a priori, à l'exclusivité étrangère et allemande en particulier, ils ont pu se procurer chez eux mieux qu'au dehors ce qu'il leur fallait.

Pour bien faire comprendre la capacité organisatrice et technique du pays, nous parlerons du merveilleux développement pris par la traction électrique appliquée aux grandes lignes — développement qui n'a été atteint par aucune autre nation d'Europe et même du monde — et cela par application de principes et d'études essentiellement italiens, avec des résultats économiques satisfaisants.

Historique. — La traction électrique sur les chemins de fer est née, pour l'Italie, en 1900 avec les installations à courant continu et troisième rail à 650 v sur les 74 km de la ligne Milan-Gallarate-Varèse-Porto-Ceresio (ligne Varésienne) et avec les installations à courant triphasé, 15 périodes, dont deux phases aériennes à 3 000 v, sur les 106 km des lignes de Zecco-Colico-Sondrio et Colico-Chiavenna (lignes de la Valteline);

La première installation, récemment améliorée, fonctionne toujours de façon parfaite; mais ne se prête pas à une exploitation économique sur les lignes de montagne avec des trains lourds.

Les caractéristiques de la seconde ont été reproduites, au contraire, dans les électrifications successives, y compris surtout les lignes en montagne sur lesquelles se fait la majeure partie du trafic du réseau italien.

Les principales parmi les lignes électrifiées dont nous nous occuperons en détail dans cette étude sont les suivantes :

1° Ligne du Mont-Cenis ou du Freyus;
2° Ligne de dégagement du port de Savone;
3° Ligne ancienne de Giovi;
4° Ligne annexe de Giovi.

Toutes ces lignes sont électrifiées, tant dans les gares de manœuvre et de triage qu'en pleine voie, par un système tout à fait italien, triphasé à deux phases aériennes et troisième phase à la terre, constituée par les rails; la fréquence est de 16,7 et la tension triphasée de 3 700 v.

Les moteurs de locomotives sont du type bien connu Gallileo Ferraris à champ tournant.

Description des lignes. — Comme on le sait, il s'agit des sections les plus difficiles des chemins de fer européens. En fait, la ligne du Mont-Cenis comprend la section la plus longue de voie en montagne; la ligne de dégagement du port de Savone offre, entre Savone et Ceva, un tracé des plus capricieux, tout en rampes et pentes; la vieille ligne de Giovi comporte, dans le parcours de Pontedecimo à Busalla, la plus forte déclivité des grandes lignes européennes; enfin, la ligne annexe de Giovi supporte le trafic le plus intense d'Italie.

Nous fournirons ici, sur ces lignes, quelques indications sommaires; leurs profils sont schématisés dans la carte de la figure 1.

1° *Ligne du Mont-Cenis.* — Partant de Bussoleno, elle monte pendant 24 km, avec une pente de 27 à 30 pour 1 000, jusqu'à Salbertrand, d'où elle continue, avec des pentes plus douces de 10 à 16 pour 1 000, jusqu'à Beaulard; de Beaulard à Bardonnèche, la pente varie de 24 à 30 pour 1 000.

A partir du milieu du long tunnel, elle descend rapidement vers Modane avec une pente de 24 à 27 pour 1 000 et par des courbes de 350 à 600 m de rayon.

La ligne est à voie unique jusqu'à Salbertrand, puis à double voie jusqu'à Modane. Elle est, d'ailleurs, toute en viaducs, ponts et tunnels; ceux-ci, au nombre de 29,

Digitized by Google

font une longueur totale de 22,4 km sur 60, soit de 37 pour 100. Le tunnel principal est celui du Freyus, tout à la gloire de l'Italie; il mesure 13 636 km entièrement en rampe de 24 à 30 pour 1 000, à part une sec-

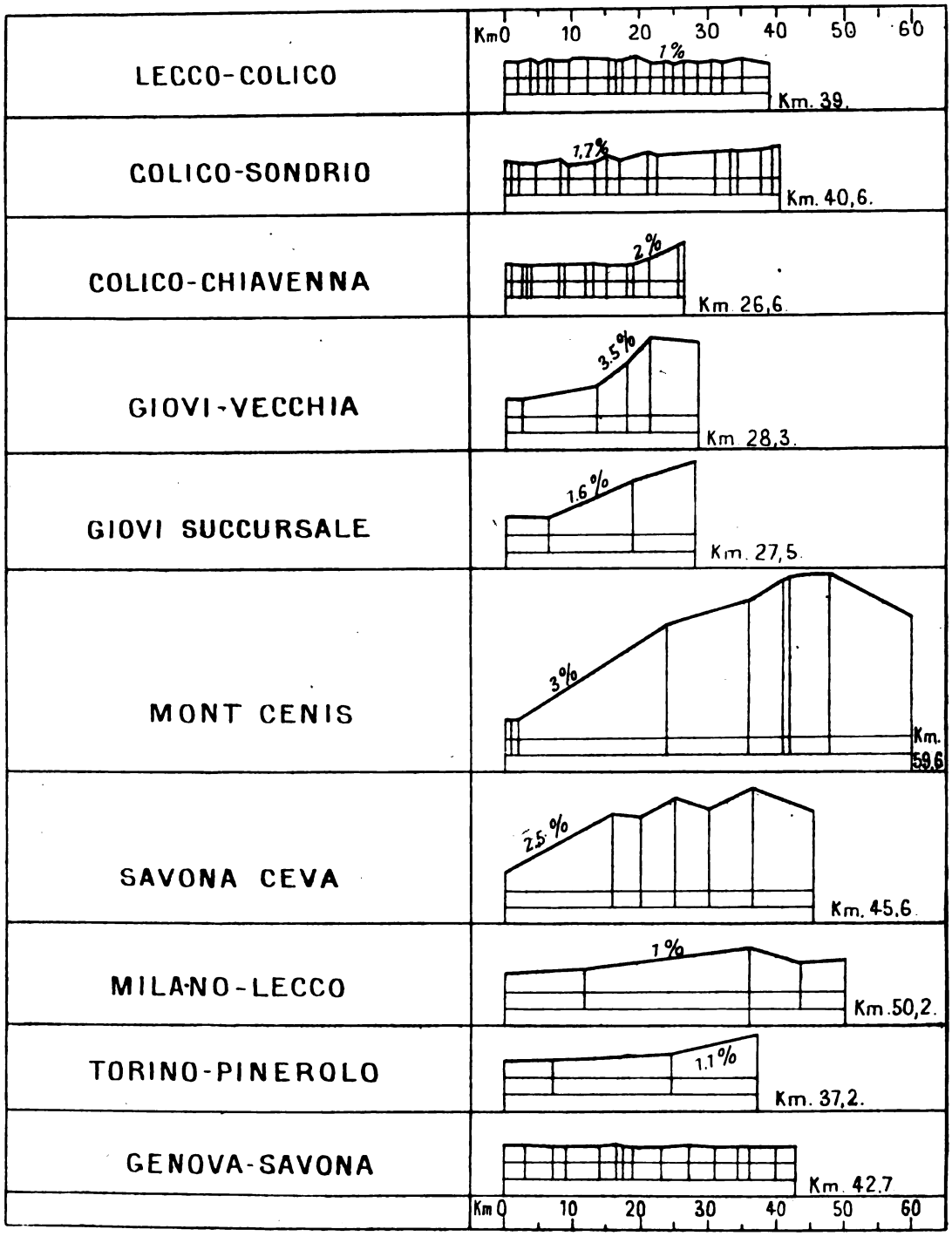


Fig. 1. — Profil des lignes triphasées italiennes. — Janvier 1917.

tion de 5,5 km, au milieu du tunnel, qui est à peu près en palier. Le rayon de courbure minimum se trouve précisément sous le Freyus.

La ligne de Bussoleno à Modane assure annuellement, et dans les deux directions, un trafic de 150 millions de tonnes-kilomètre réelles ou de 400 milions de tonnes-kilomètre virtuelles.

La plus haute altitude au-dessus du niveau de la mer

Digitized by Google

est de 1 295 m. Les deux grandes stations de Bardonnèche et Modane sont respectivement à 1 257 et 1 057 m au-dessus du niveau de la mer.

C'est donc bien une ligne de montagne, et de haute montagne, sujette aux intempéries, aux neiges et aux vents violents ainsi qu'aux grands froids (jusqu'à — 27° C).

2° *Ligne de dégagement du port de Savone.* — Entre Savone et Ceva, cette ligne a une allure altimétrique qui rappelle beaucoup les montagnes russes. Son tracé est tortueux avec de nombreuses courbes et contre-courbes de 400 m de rayon. L'altitude maximum est de 515 m au-dessus du niveau de la mer.

La ligne est sujette à des chutes de neige et des vents notables. Elle compte 29 tunnels, parmi lesquels ceux de Sella, Cosseria et Belbo ont des longueurs respectives de 2 309, 504 et 4 257 m avec des rampes de 23 et 21 pour 1 000. Au total, cela fait 10 km de galeries sur 45,5 km de ligne, soit 22 pour 100 environ.

Bien qu'assurant un important trafic, cette ligne est tout entière à voie unique. En fait, ce trafic, dans les deux directions, est de près de 180 millions de tonnes-

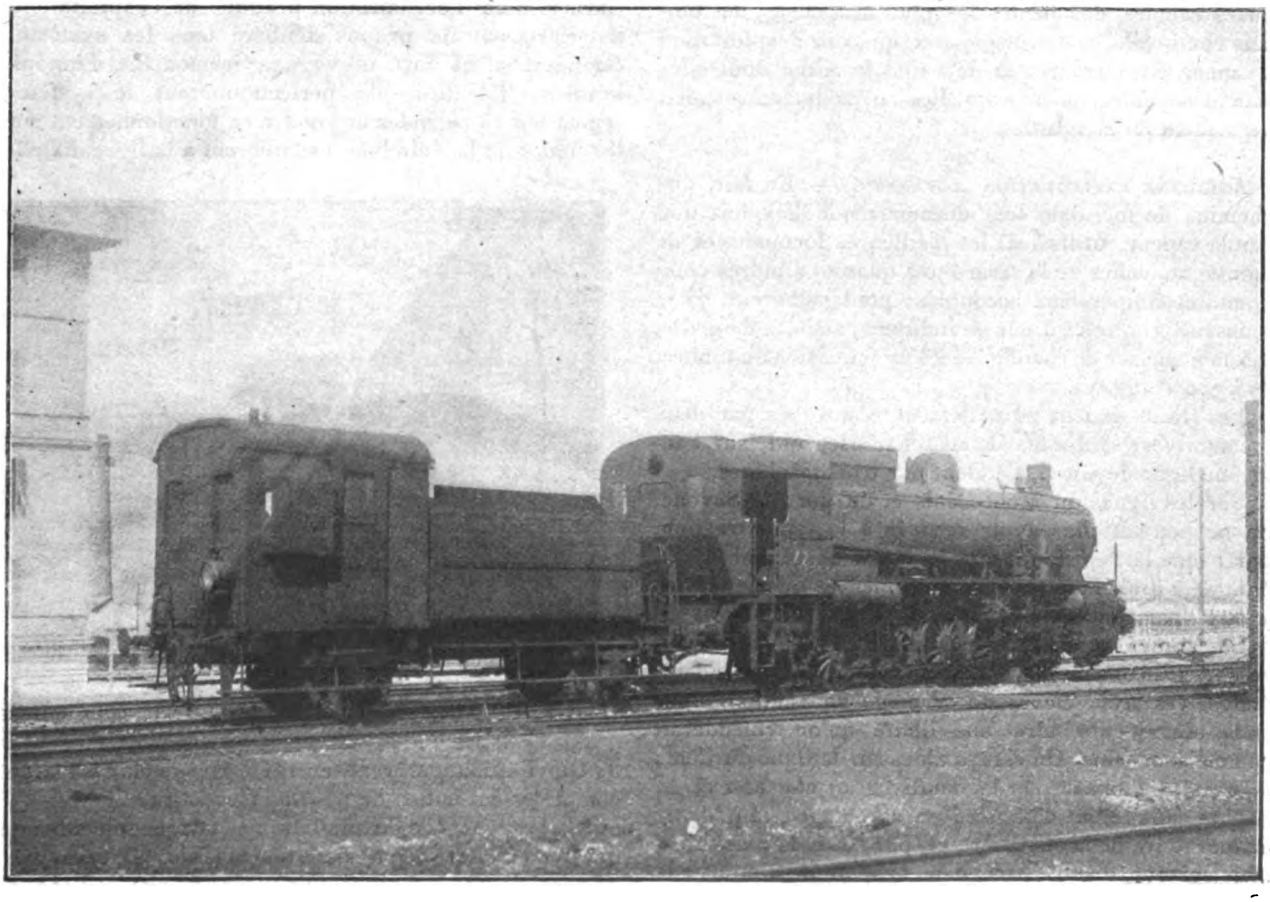


Fig. 2. — Locomotive à vapeur type F. S.

kilomètre réelles remorquées, et de 480 millions de tonnes-kilomètre virtuelles.

3° *L'ancienne ligne de Giovi*, entièrement à double voie, part de Quadrivio Torbella où la vieille ligne se sépare de la nouvelle *annexe*, et aboutit à Ronco.

Elle comprend le trajet de Pontedecimo à Busalla, sur lequel elle monte fortement pendant 10,5 km, franchissant une différence de niveau de 270 m, par des rampes de 21 à 35 pour 1 000, dont l'inclinaison moyenne est de 26 pour 1 000; les courbes et contre-courbes y sont fréquentes et ont jusqu'à 400 m de rayon minimum. Cette section est la plus rude du réseau italien.

L'ancienne ligne de Giovi présente, sur 23 km, 6 tunnels d'une longueur totale de 4,5 km, soit 29 pour 100 environ; le plus long de ces tunnels est celui de Giovi, 3 259 m, avec 29 pour 1 000 de rampe.

Le trafic est important : environ 150 millions de tonnes-kilomètre réelles remorquées dans les deux sens, ou 400 millions de tonnes-kilomètre virtuelles.

4° *La ligne annexe de Giovi* part de Gênes, passe à Sanpierdarena et, à Quadrivio Torbella, se détache de l'ancienne ligne pour monter vers Ronco par une pente douce. L'altitude maximum au-dessus du niveau de la mer est celle de Ronco, soit 305 m.

De Quadrivio Torbella à Ronco, la ligne est toute en viaducs, ponts et tunnels; avec celle de Gênes, elle

Digitized by Google

en compte 21, faisant 13 km sur 28, soit 46 pour 100.

Des tunnels, le plus long est celui de Ronco — 8 298 m — entièrement en rampe à 12 pour 1 000. La ligne est à double voie sur toute sa longueur. Elle assure un énorme trafic, spécialement dû aux marchandises en provenance du port de Gênes; ce trafic représente 300 millions de tonnes-kilomètre réelles dans les deux sens et 700 millions de tonnes-kilomètre virtuelles.

Les profanes eux-mêmes, après avoir étudié la constitution de ces lignes et considéré le trafic qui s'y fait, comprendront que ces lignes présentent les plus grandes difficultés d'exploitation, non seulement en raison des fortes rampes, des pentes les plus mauvaises, des tunnels continuels, mais aussi parce qu'avec l'exploitation à vapeur elles assuraient déjà tout le trafic dont elles étaient capables, si bien qu'elles se trouvaient en état permanent de congestion.

Ancienne exploitation a vapeur. — En fait, nos chemins de fer, dans leur dernier mode d'exploitation par la vapeur, utilisaient les meilleures locomotives de montagne, celles de la série 470 à quatre cylindres compound et cinq essieux accouplés; poids adhérent, 75 t; puissance continue, 1 000 ch indiqués; surface de grille, 3,5 m²; surface de chauffe, 222,3 m²; pression du timbre, 17 kg : cm² (fig. 2).

Les trains étaient normalement remorqués par deux locomotives, sauf ceux de marchandises qui, sur l'ancienne ligne de Giovi, l'étaient par trois machines.

Sur les lignes du Mont-Cenis et du port de Savone, on ne pouvait plus avoir recours à la triple traction, parce que la ventilation des galeries de tunnel (fig. 3) était déjà difficile avec deux machines et que le service y était, par conséquent, pénible.

Sur toutes ces lignes, on a expérimenté en dernier ressort le système de ventilation Saccardo. Cependant, malgré les frais élevés de ce mode de ventilation, le trafic devait atteindre une limite qu'on considérait comme prochaine. On essaya alors sur la ligne du Cenis le chauffage mixte des locomotives au charbon et au naphte dans le but d'augmenter, d'une part, le pouvoir évaporatoire de la chaudière et, par suite, la puissance, mais surtout, d'autre part, dans l'espoir de diminuer la toxicité des produits de combustion des locomotives. On pensait ainsi améliorer et éventuellement augmenter la composition et le nombre des trains; néanmoins, on n'obtint qu'un résultat négatif. Pendant ce temps, le trafic augmentait constamment sur les quatre lignes. Aucune solution n'était raisonnablement plus possible, à moins de construire de nouvelles lignes. Effectivement, en 1910, surgirent divers projets pour améliorer les communications entre Gênes et la vallée du Pô, entre Savone et le Piémont, entre Turin et la France.

La construction de ces nouvelles lignes, très onéreuse pour leur fonctionnement idéal, aurait mis dans un grave embarras les finances de l'État; elle aurait, pour le moins, nécessité bien des années et occasionné une stagnation du trafic.

Fort heureusement, deux hommes éminents entre tous, le Commodore Ingénieur Vincenzo Crosa et le Commodore Ingénieur Riccardo Bianchi, eurent les premiers l'intuition nette et claire que le problème ne pouvait être résolu, pour l'Italie, qu'en appliquant la traction électrique aux lignes existantes. Ils eurent l'audace d'aborder résolument l'électrification de la section la plus difficile d'Europe par son tracé, ses rampes et son trafic, celle de Pontedecimo à Busalla.

Aidés de techniciens d'une grande compétence, parmi lesquels il faut citer les ingénieurs des chemins de fer de l'État : Donati pour les installations fixes, Verole pour les centrales, Calzolari pour les locomotives, et Garneri pour l'organisation pratique de l'exploitation, ils écartèrent de propos délibéré tous les systèmes étrangers alors fort en vogue. Surmontant d'innombrables difficultés, ils perfectionnèrent le système triphasé à 15 périodes et 3 000 v en fonctionnement sur les lignes de la Valteline, l'adaptèrent à la ligne difficile

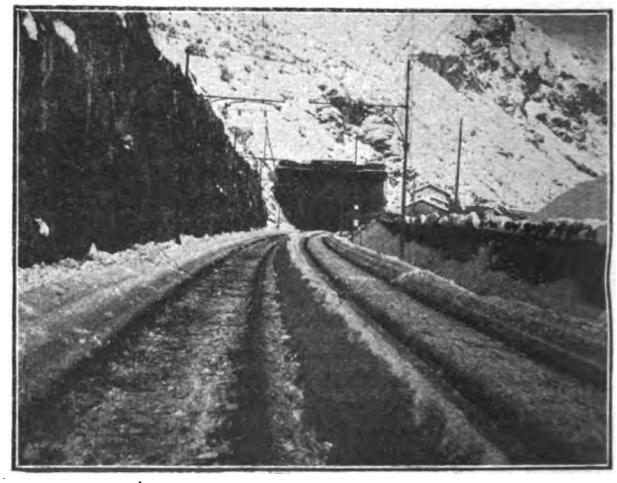


Fig. 3. — Entrée du tunnel du Mont-Cenis, côté italien.

de Giovi et inaugurèrent, en 1911, un système parfait et complètement italien de traction électrique.

Dès les débuts de l'exploitation électrique, on constata que les résultats dépassaient toutes les espérances, tant au point de vue technique qu'au point de vue de l'économie, de la sécurité et de la capacité d'utilisation. Aussi présenta-t-on les projets d'électrification de la ligne du Mont-Cenis, puis de celle de Savone et, enfin, de la ligne annexe de Giovi, inaugurées respectivement en 1913, 1914 et 1915. La figure 4 montre le gain obtenu, au point de vue de l'encombrement, par l'emploi des locomotives électriques.

Ayant passé la crise naturelle des débuts, l'exploitation de ces lignes se poursuit aujourd'hui de façon impeccable avec une régularité inconnue de l'ancienne traction à vapeur. Dans ce qui suit, nous donnerons un aperçu des audacieuses et remarquables installations qui ont été faites.

Installations fixes. — a) *Ligne de prise de courant.* — L'énergie électrique est transmise aux trains par une ligne aérienne, suspendue à 6 mètres au-dessus des rails

Digitized by Google

dans les sections à ciel ouvert et à 4,50 m au moins dans les sections en tunnel.

La ligne de prise de courant comporte pour chaque voie deux phases, constituées chacune par deux fils de cuivre de 8 mm, en sorte que chaque phase dispose d'une section de 100 mm².

La troisième phase est formée par les deux rails de roulement, reliés électriquement, d'un rail au suivant, par un ciment spécial ainsi que par des éclissages en cuivre soudés.

La ligne de prise de courant est supportée normalement par des poteaux tubulaires, uniquement adoptés pour réduire au minimum l'encombrement qui en résulte pour la voie et les quais des gares ; en tunnel, on emploie des consoles spéciales scellées dans la voûte.

Entre les poteaux, l'intervalle moyen est de 20 m environ. La suspension de la ligne de prise de courant est du type transversal.

Les câbles de trolley, au nombre de deux par phase, sont fixés aux isolateurs à double cloche au moyen d'agrafes; lesdits isolateurs sont, à leur tour, isolés de terre (fig. 5). Ainsi, chaque phase aérienne présente, par rapport à l'autre, un quadruple isolement, et par rapport à la phase de terre (rails et masse), un isolement triple.

Les fils des deux phases aériennes sont à intervalle de 76 à 116 cm; leur tension est de 8 kg par mm² de section, soit de 400 kg. Seuls les croisements aériens paraissent compliqués par le fait que deux phases différentes se coupant en un certain point doivent être soigneusement isolées. Néanmoins, après plusieurs années d'exploitation, on peut dire qu'ils ont fait leurs preuves, grâce aux perfectionnements récemment apportés.

b) *Feeders.* — A chaque station, la ligne de prise de courant est alimentée par des *feeders*, partant de tableaux munis d'interrupteurs à main et automatiques. A cet effet, chaque gare possède une cabine d'où partent

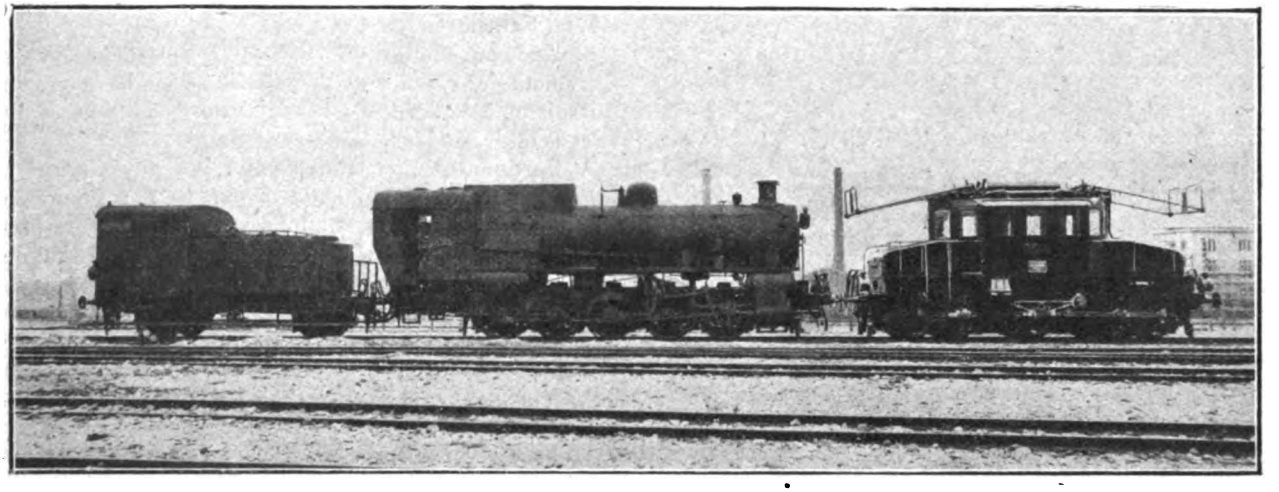


Fig. 4. — Locomotives séries 470 (à vapeur) et E. 550 (électrique).

toujours au moins cinq feeders amenant le courant aux cinq parties en lesquelles est divisée la ligne de prise de courant à chaque station. Dans le schéma ci-joint (fig. 6), ces cinq parties portent les nos 1', 1', 2, 2 et 3.

La partie centrale, n° 3, comprend toutes les lignes comprises entre les signaux de protection placés aux extrémités d'une gare. Un feeder alimente toutes les lignes de prise de courant de la station.

Adjacentes aux lignes précédentes sont deux *lignes tampons* 1 et 1 (fig. 6 et 7) alimentées chacune par un feeder, et à côté de ces lignes se trouvent enfin celles qui vont aux stations immédiatement voisines et qui sont aussi alimentées par des feeders propres. Ce sont les lignes de pleine voie.

Les lignes tampons sont isolées électriquement par des isolateurs tant de la station que de la ligne de pleine voie. Les dispositifs automatiques font que, lorsque le courant est coupé à la station, il l'est également sur les deux lignes tampons limitrophes; de même quand il est coupé sur une ligne de pleine voie il l'est sur la ligne tampon adjacente.

En somme, la ligne de pleine voie représente la prise de courant au-dessus des rails entre deux stations. Elle est alimentée en parallèle par deux feedèrs, dont chacun correspond à l'une des stations limitrophes.

Les lignes tampons sont nécessaires pour éviter que, quand la tension vient à faire défaut, soit en pleine voie, soit à la station, les deux trolleys dont chaque locomotive électrique est pourvue ne puissent, s'ils font pont entre la ligne de prise de courant de la pleine voie et celle de la station, débiter dans celle de ces deux dernières qui se trouve hors circuit. C'est ce qui se produirait s'il n'existait une ligne tampon, du fait que les deux trolleys sont électriquement reliés entre eux. Ces lignes tampons mesurent environ 50 m de longueur.

Enfin, l'indépendance entre les lignes de prise de courant des stations, d'une part, et de pleine voie, d'autre part, est nécessaire pour faciliter les répara-

Digitized by Google

tions ; elle permet de se borner à couper le courant dans la seule ligne où cela est nécessaire sans déranger l'exploitation par ailleurs.

Les feeders ne correspondent qu'aux deux phases

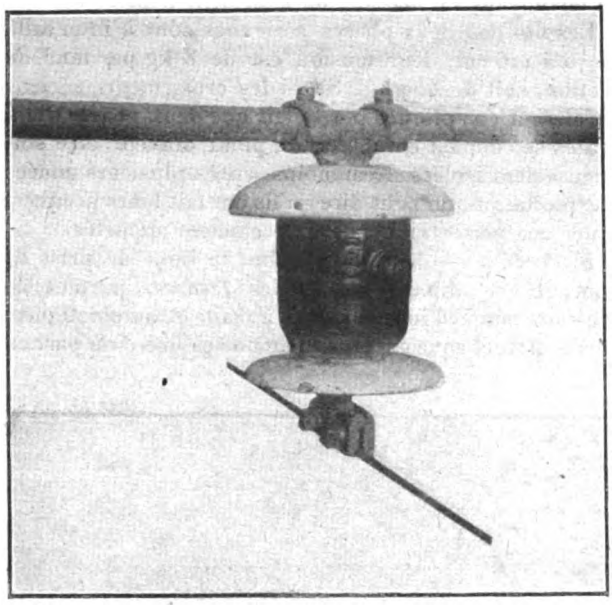


Fig. 5. — Isolateur pour ligne de prise de courant.

aériennes entre lesquelles existe une différence de tension de 3 700 v à 16,7 périodes. En général, chaque phase est en fil de cuivre nu, de 11,3 mm de diamètre,

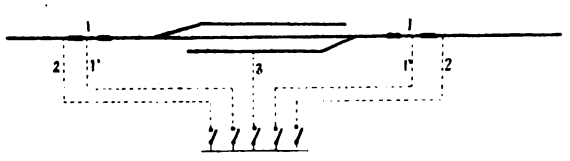


Fig. 6. — Arrêt sur ligne à voie unique : ligne tampon; 1 feeder de ligne tampon; 2 feeder de ligne en pleine voie; 3 feeder de ligne, voie de gare.

sauf sur l'ancienne ligne de Giovi où l'on a employé du câble de 8 mm.

En certains cas, les feeders sont formés de deux câbles unipolaires sous plomb, non armés, de 200 mm²

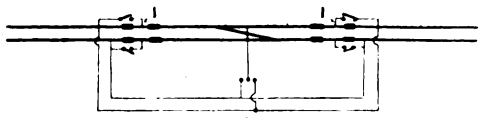


Fig. 7. — Arrêt sur ligne à double voie : lignes tampons.

de section par phase, notamment dans les deux lignes de Giovi et dans celle de Savone.

Dans tous les autres cas, il existe des câbles ayant pour objet d'augmenter la section de cuivre des lignes aériennes de prise de courant afin de réduire la chute de tension. On utilise alors des lignes à trois câbles unipolaires sous plomb, non armés, de 200 mm² de section par câble. C'est la solution adoptée pour les longs tunnels du Freyus et de Giovi. Les feeders partent de tableaux disposés dans les cabines des stations ou dans les sous-stations à transformateurs statiques. La figure 8 montre les dispositions particulières prises dans les gares.

c) *Sous-stations de transformation.* — Celles-ci donnent, au secondaire, la tension de 3 700 v à laquelle les feeders ou les câbles dont nous avons déjà parlé transmettent le courant à la ligne de trolley.

Les sous-stations de la ligne du Cenis sont au nombre de six pour une puissance totale installée qui s'élève, y compris les réserves, à 28 000 kw. Cette puissance est distribuée à :

1° Deux sous-stations de chacune 4 500 kw, à Méana et Bardonnèche;

2° Trois sous-stations de 3 000 kw chacune à Chiomonte, Salbertrand et Culx;

3° Une sous-station de 4 000 kw à Bussoleno. Il y a également des cabines de distribution dans les gares de Bussoleno, Beaulard et à la sortie nord des tunnels du Freyus et de Modane.

A Bardonnèche, se trouve enfin une sous-station à transformateurs rotatifs, de 6 000 kw, servant de secours. Toutes les sous-stations à transformateurs statiques fonctionnent au rapport de transformation de 60 000-3 700 v.

Le courant primaire à 60 000 v et 16,7 périodes est fourni par la centrale hydro-électrique de la Société de la Maira à Acceglio (Val Maira) dont la puissance est de 20 000 kw. Cette énergie est transportée à Bussoleno.

La sous-station de secours de Bardonnèche, à transformateurs rotatifs, peut être alimentée par la centrale hydro-électrique de Chiomonte, en courant à 50 000 v, 50 périodes, ou par la centrale à vapeur de Turin, aux mêmes caractéristiques. Cette sous-station transforme ce courant en courant à 3 700 v et 16,7 périodes.

Sur la ligne Savone-Ceva, il y a cinq sous-stations de chacune 3 000 kw, y compris le courant de secours. La puissance installée totale est donc de 15 000 kw. Ces sous-stations sont placées à Savone, Sella, San Giuseppe, Saliceto et Ceva. Elles travaillent au rapport de 70 000-3 700 v.

Normalement, le courant leur est fourni par la centrale hydro-électrique de la Société Negri à San Dalmazzo, dont la puissance atteint 15 000 kw. L'énergie en est transportée à Savone. Notons en outre que la ligne primaire de la centrale de la Maira à Acceglio, passe aussi à la sous-station de Ceva, ce qui permet d'alimenter au besoin la ligne Savone-Ceva par l'énergie du Val Maira. Un autre secours est assuré par la centrale à vapeur de la Société Negri à Savone, de 15 000 kw également, laquelle est reliée à la sous-station de Savone.

L'ancienne ligne de Giovi a quatre sous-stations de

Digitized by Google

chacune 3 000 kw ; au total, 12 000 kw, secours compris. Elles sont situées à Rivarolo, Pontedecimo, Montanesi, Busalla, et fonctionnent au rapport de transformation de 15 000/3 700 v.

Normalement, l'énergie primaire de la centrale d'Acceglio, à 60 000 v, est transportée à Sampierdarena, et la tension est réduite à 15 000 v. Mais elle peut être également fournie par la centrale à vapeur de Gênes, d'une puissance installée de 10 000 kw, réserve comprise.

Les sous-stations de la ligne annexe de Giovi da Genova à Ronco sont au nombre de 5, à savoir :

Une de 1 800 kw à S. Quirico, deux de 5 400 kw à Gênes-Brignole et Mignanego, et une de 7 200 kw à Ronco ;

Au total 28 800 kw, réserve comprise.

Ces sous-stations travaillent au rapport de transformation de 27 500/3 700 v. Le courant primaire provient normalement de la centrale de San Dalmazzo, — Société Negri, — et exceptionnellement de celle de Savone. Toutefois, il est possible au besoin d'utiliser l'énergie de la centrale d'Acceglio et celle de Gênes. En fait, le courant primaire d'Acceglio, de San Dalmazzo, de Savone et de Gênes, arrive à Sampierdarena où se trouve un grand poste de commutation qui reçoit les trois tensions primaires :

De 70 000 v (Société Negri : Centrales de S. Dalmazzo et de Savone) ;

De 60 000 v (Maira : Centrale d'Acceglio) ;

Et de 15 000 v (Maira : Centrale de Gênes).

Ce poste distribue le courant, sous 27 000 v, à la ligne annexe de Giovi, et sous 15 000 v à l'ancienne ligne. Il fonctionne ainsi en partie comme sous-station de transformation et, à cet effet, possède des transformateurs d'une puissance totale de 19 800 kw, réserve comprise.

Comme on le voit, il y a aux environs de Gênes d'importantes installations et l'on peut dire que pour l'exploi-

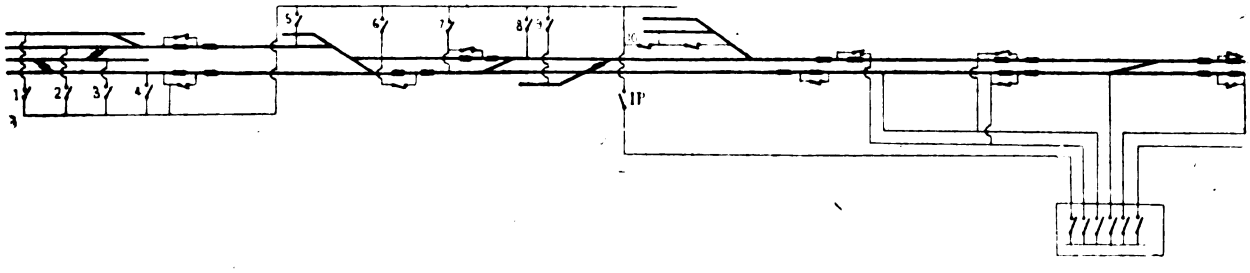


Fig. 8. — Schéma des circuits de la gare de Modane.
I P, interrupteur principal ; 1-10, disjoncteurs automatiques à 2 tensions.

tation des voies ferrées qui servent d'exutoires au meilleur port de la Méditerranée, il existe un ensemble de transformateurs de 60 000 kw, réserve comprise, pouvant recevoir l'énergie de quatre centrales dont deux hydro-électriques faisant 35 000 kw et deux thermo-électriques faisant 25 000 kw.

Toutes les sous-stations sont, en général, équipées de transformateurs monophasés, placés par groupes de trois dans un bain d'huile à refroidissement naturel, et parfois même à réfrigération par circulation d'eau. Ces transformateurs sont munis de disjoncteurs et de parafoudres, ordinairement du type électrolytique. Les lignes primaires qui aboutissent aux sous-stations de même que les divers feeders qui en partent, sont munies de disjoncteurs automatiques à temps, avec commande à distance.

d) *Lignes primaires et stations centrales.* — Les centrales en service pour ces lignes sont les deux usines hydro-électriques d'Acceglio — à la Société Maira — et celle de S. Dalmazzo — à la Société Negri. On dispose, en outre, comme réserve, des deux centrales à vapeur, déjà citées, de Savone — à la Société Negri — et de Gênes, à la Société Maira (fig. 9).

On a vu, enfin, la possibilité d'utiliser, en cas d'extrême urgence, la centrale hydro-électrique de Chiomonte et celle à vapeur du Martinetto — centrale municipale de Turin.

Un réseau de lignes primaires réunit entre elles par une double boucle les centrales susdites. En fait, on compte les grandes lignes de transmission suivantes :

1° Une ligne constituée de quatre conducteurs en fil de 8 mm à 60 000 v (540 km de fil), portés par deux files distinctes de poteaux en treillis ordinaire, va de la centrale d'Acceglio jusqu'à Bussoleno par Busca et Airasca, pour le service de la ligne du Cenis et de la ligne de Turin à Pellice, en construction.

Une autre ligne à 4 conducteurs en fil de 8 mm, à 60 000 v (600 km de fil), sur deux files distinctes de poteaux en treillis, va de Busca à Sampierdarena par Ceva et Rossiglione, pour le service normal des lignes de Giovi ; elle sert également comme secours pour la ligne Savone-Ceva, en touchant à Ceva et pour la ligne en construction de Gênes à Ovada, en touchant Rossiglione.

Une troisième, en fils de 10 mm à 70 000 v, sur deux files distinctes de poteaux (650 km de conducteurs), va de la centrale de San Dalmazzo à Savone et à Ceva, pour le service normal de la ligne reliant ces deux villes et de la nouvelle ligne Savone-Sampierdarena.

Comme prolongement de la ligne primaire Busca-Ceva-Rossiglione-Sampierdarena, on a posé deux câbles triphasés, de 50 mm² par phase, entre Sampierdarena et Ronco via Mignanego (développement de câble triphasé, 64 km). Ces câbles fonctionnent à 27 500 v.

Digitized by Google

Deux autres grandes lignes, dans un état déjà avancé de construction, sont constituées chacune par deux conducteurs en fil de 10 mm. L'une relie Airasca à Sangone-Ronco (60 000 v, 300 km de fil) ; l'autre relie Savone à Sampierdarena (70 000 v, 80 km de fil).

Ces lignes sont à file unique de pylônes en treillis, à T. Les deux conducteurs sont supportés par des isolateurs à chapelets et assez espacés pour permettre d'exécuter en toute sécurité les réparations ou travaux nécessaires à l'un d'eux, l'autre étant sous tension.

Enfin, le long de toutes les voies électrifiées, courent les lignes primaires alimentant les sous-stations de transformation. Sur la ligne du Cenis, il existe deux conducteurs de 8 mm entre Bussoleno et Chiomonte, et trois (dont deux de 8 mm et un de 7 mm) entre Chiomonte et Bardonnèche. Cette dernière ligne relie la centrale hydro-électrique de Chiomonte à la sous-station à transformateurs rotatifs de Bardonnèche. Le développement de ces lignes à 60 000 v est de 112 km de fil.

Sur la ligne de Savone, il y a deux conducteurs

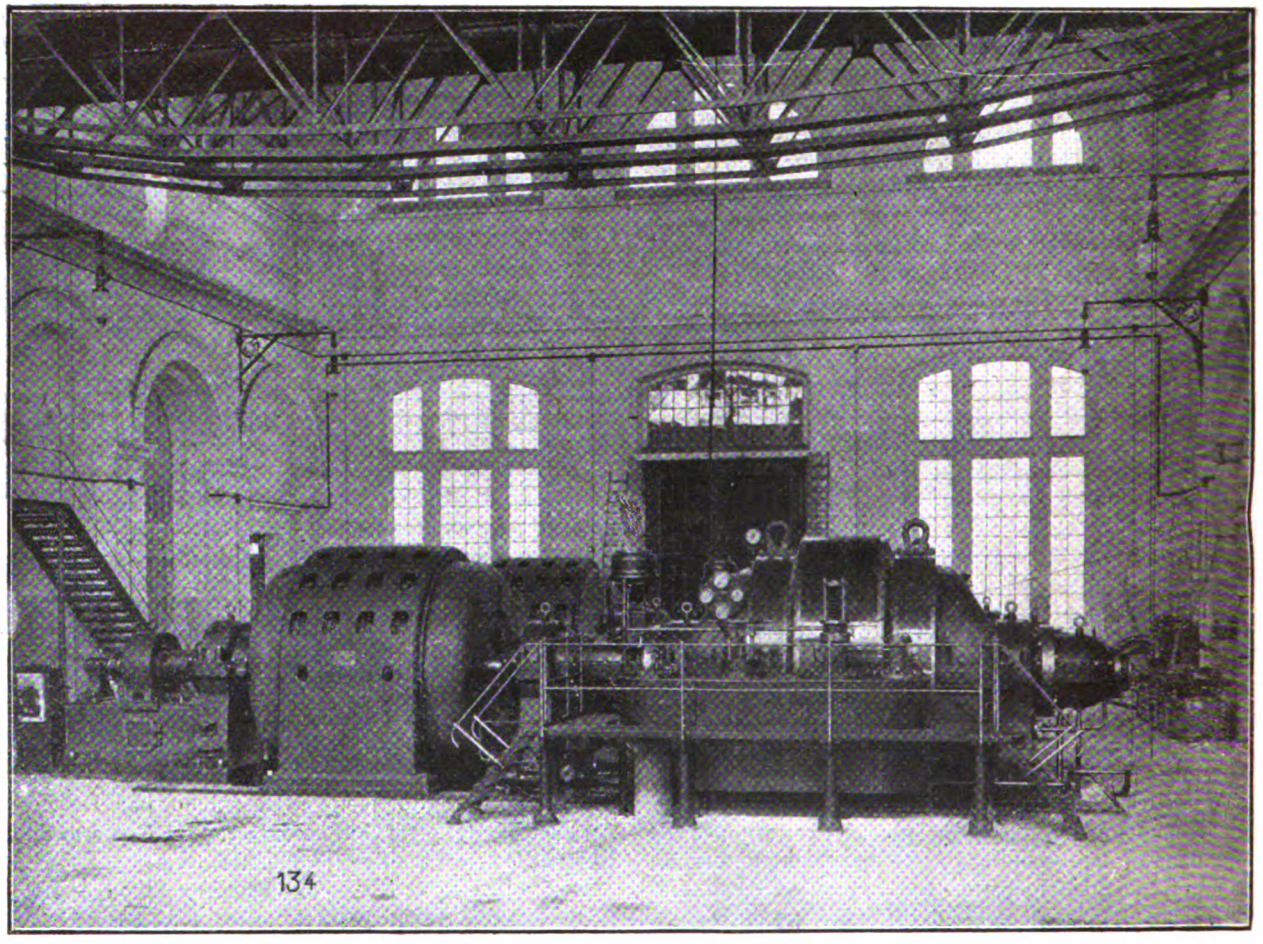


Fig. 9. — Centrale à vapeur de réserve de Gênes : vue intérieure.

de 10 mm entre celle-ci et Ceva, soit 90 km de fil.

L'ancienne ligne de Giovi a deux conducteurs à 15 000 v, en fil de 8 mm, avec 55 km de développement entre Gênes et Ronco par Busalla. Enfin, sur la ligne annexe de Giovi, on trouve, entre Sampierdarena et Ronco, via Mignanego, deux primaires à 27 500 v en câble triphasé sous plomb de 60 mm² par phase, ainsi qu'on l'a déjà indiqué.

Comme on le voit par cette description, les grandes lignes primaires relient toutes les centrales normales et de secours aux voies électrifiées, de telle manière que l'une quelconque de ces dernières peut être alimentée suivant deux voies différentes par n'importe laquelle des centrales. On peut d'ailleurs dire que jusqu'ici aucune interruption ne s'est produite dans la fourniture de l'énergie, quoiqu'il manque encore les grandes lignes de Bussoleno-Sangone-Ronco, et Sampierdarena-Savone, dont la construction est cependant avancée.

Par la description sommaire de toutes les installations fixes, en dehors des centrales privées, le lecteur aura déjà pu se faire une idée de la parfaite organisation de la traction électrique sur les grandes voies ferrées d'Italie. Les résultats en sont extrêmement encourageants. Malgré la complexité des lignes et des installations

Digitized by Google

l'exploitation est arrivée bien vite à une notable régularité. Qu'il suffise de dire que les statistiques relatives aux incidents — après une première et courte période de mise au point dont il est juste de ne pas tenir compte — accusent un pourcentage d'avaries aux trains inférieur à celui qu'on obtenait avec l'ancienne traction à vapeur, cependant très perfectionné.

La complication des lignes de prise de courant qui, selon les techniciens d'au delà les Alpes, devait rendre l'exploitation impossible, ne l'a, au contraire, nullement troublée. Cela prouve une fois de plus combien a été grande l'habileté des ingénieurs des chemins de fer italiens qui ont voulu faire par eux-mêmes.

Déjà plusieurs années de service régulier se sont écoulées en sorte que toute discussion sur la possibilité pratique ou la commodité plus ou moins grande du système de traction est devenue plus qu'oiseuse, étant donné que les voies ferrées dont il s'agit comptent, par leur exploitation, parmi les plus difficiles d'Europe.

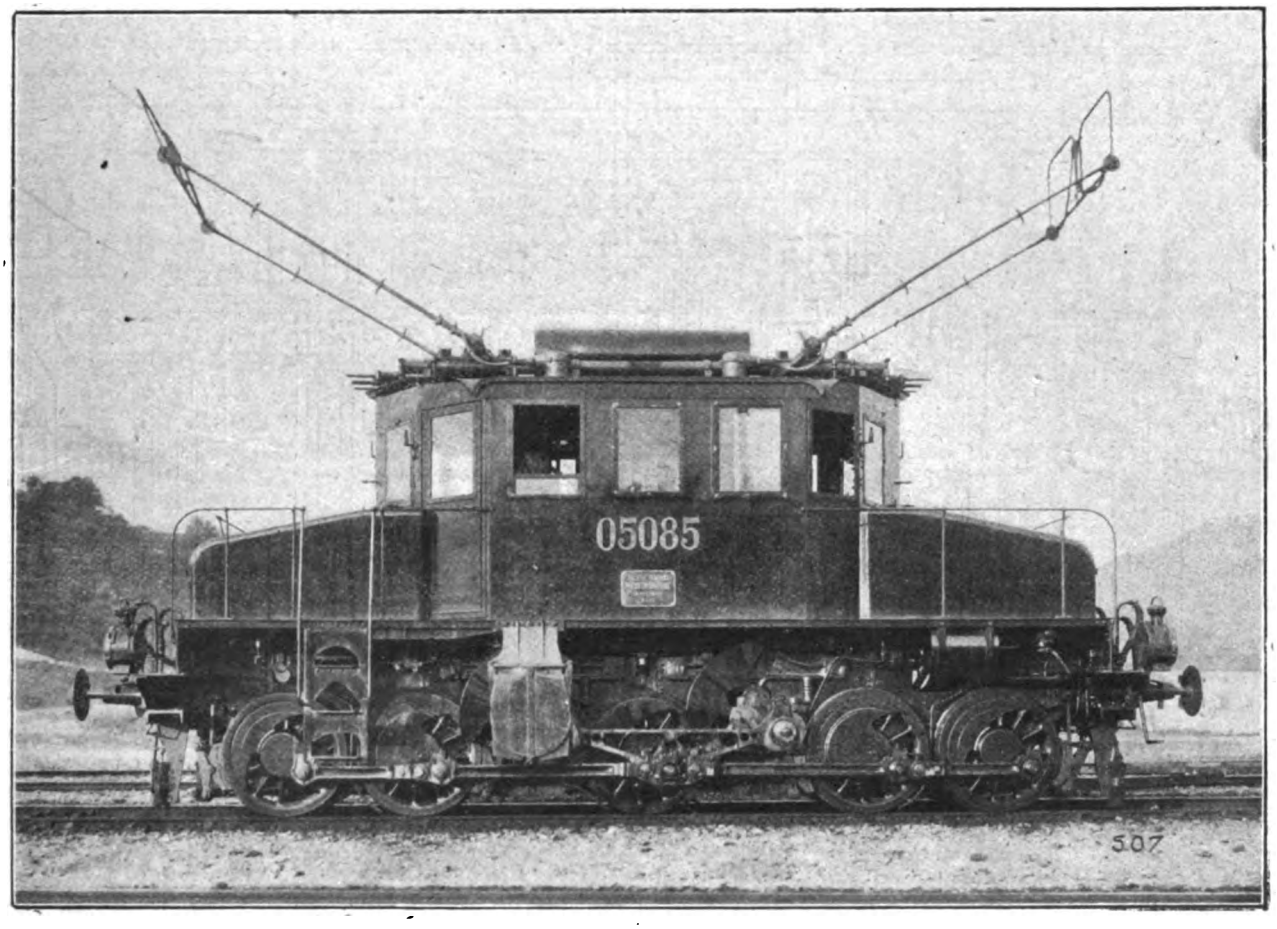


Fig. 10. — Locomotive électrique, type F. S. Série E. 550.

Locomotives et résultats d'exploitation. — Ayant décrit dans les précédents chapitres les principales installations fixes qu'il a fallu créer pour l'exploitation de la partie la plus difficile des chemins de fer italiens, nous parlerons maintenant des locomotives électriques utilisées couramment pour la traction des trains sur les quatre lignes étudiées (fig. 10).

Ces machines correspondent aux caractéristiques générales suivantes :

Cinq essieux tous accouplés.	
Diamètre des roues au cercle de roulement...	1.07 m
Empattement fixe.....	6.12 m
Longueur totale de la locomotive entre les tampons.....	9.52 m
Deux moteurs de traction à champ tournant et à huit pôles, puissance totale en marche continue pendant une heure.....	2 000 kw
Vitesse normale horaire.....	25 à 50 km
à la fréquence de courant de.....	16.7 p : s
Tension normale entre les phases des stators.	3 700 v
Freins à air comprimé Westinghouse et Henry Sablière à air comprimé. Frein à main.	
Deux transformateurs de 3 700 125 v pour les services accessoires.	
Deux compresseurs.	
Un ventilateur.	

Digitized by Google

Les moteurs de traction, au nombre de deux, ont chacun deux manivelles à 90° qui attaquent directement celles de l'essieu moteur médian, par deux bielles triangulaires qui relient de façon rigide les deux moteurs à cet essieu.

La locomotive a été étudiée de façon à pouvoir circuler facilement en courbe de 300 m de rayon à la vitesse maximum de 50 km à l'heure.

En conséquence, l'essieu central que commandent les deux moteurs n'a pas de jeu latéral. Au contraire, les essieux extrêmes en ont un de 20 mm. En ce qui concerne la facilité de marche dans les deux directions, la machine est parfaitement symétrique.

Les deux moteurs à huit pôles mis directement en parallèle sur la ligne à 16,7 périodes font, au synchronisme, $\frac{120 \times 16{,}7}{8} = 250$ t : min, ce qui correspond à une vitesse normale de marche d'environ 50 km à

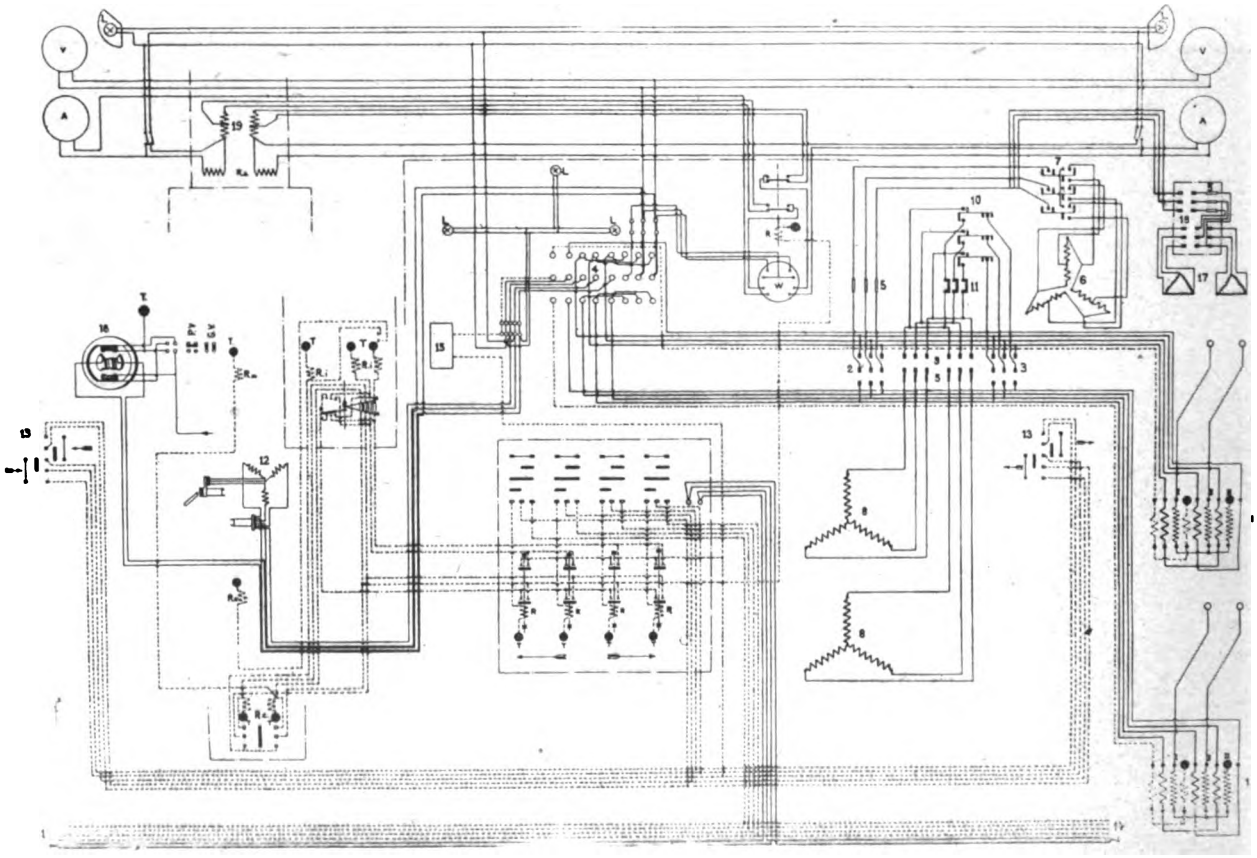


Fig. 11. — Schéma des circuits auxiliaires de la locomotive 550.

1, transformateurs; 2, commutateur du ventilateur; 3, commutateur des compresseurs; 4, commutateurs des circuits d'appareils de mesure, de relais et d'éclairage; 5, fusibles; 6, moteur du ventilateur; 7, contrôleur du ventilateur; 8, moteurs des compresseurs; 9, interrupteurs des compresseurs; 10, contrôleur des compresseurs; 11, régulateur de pression; 12, petit moteur de la pompe de circulation du rhéostat; 13, contrôleur de marche; 14, conducteur d'accouplement; 15, survolteur pour les relais; 16, wattmètre régulateur; 17, radiateurs de chauffage; 18, interrupteurs des radiateurs; 19, transformateurs séric pour les appareils; R, relais; R_c, relais du contrôleur de vitesse; R_i, relais de l'interrupteur primaire; R_r, relais du rhéostat; R_d, relais de déclic du disjoncteur automatique; R_w, relais du wattmètre régulateur; A, ampèremètre; V, voltmètre; W, wattmètre; L, lampes; T, terre.

l'heure à pleine charge, en tenant compte du léger glissement des moteurs triphasés. Les deux moteurs peuvent cependant être accouplés en cascade; en ce cas, on ne met en circuit avec la ligne de trolley que celui des moteurs appelé *primaire*, tandis que l'autre, dit *secondaire*, est alimenté par le primaire de la façon que nous verrons plus loin.

Les moteurs tournent alors à demi-vitesse, ce qui correspond à une vitesse de 25 km à l'heure. La locomotive est munie de deux transformateurs statiques de 9 kw chacun au rapport de transformation de 3 700/125 v.

Par le secondaire sont alimentés tous les appareils auxiliaires de la locomotive, à savoir (fig. 11) :

a) Les moteurs de commande des compresseurs d'air pour les freins à air comprimé Westinghouse et Henry et pour la manœuvre de tous les organes de commande de la marche : trolley, interrupteurs, changement de marche, commutateurs de vitesse, sablière, sifflet, rhéostat de démarrage;

b) Le moteur du ventilateur destiné au refroidissement des moteurs de traction;

c) L'éclairage;

Digitized by Google

d) Les appareils de mesure (voltmètres, enroulement voltmétrique du wattmètre et du régulateur de démarrage).

Le courant à 3 500 v est pris sur la ligne aérienne par un trolley en deux parties parfaitement symétriques, par rapport au plan transversal médian de la locomotive. Chacune de ces parties prend le courant sur l'une des deux phases aériennes.

Pour chaque phase, il existe deux contacts à frottement; de cette manière, l'alimentation des moteurs n'est jamais interrompue au passage des tronçons isolés des changements de voie et des lignes-tampons de prise de courant.

Le trolley est relevé et maintenu au contact de la ligne aérienne par la pression de l'air comprimé que le mécanicien fait agir à volonté sur un piston. Le courant des deux phases aériennes est transmis par le trolley à deux bobines d'impédance avec parafoudres en dérivation, puis passe par un disjoncteur automatique se manœuvrant directement à la main ou à distance, un transformateur en série pour le fonctionnement des appareils de mesure du courant, puis un interrupteur

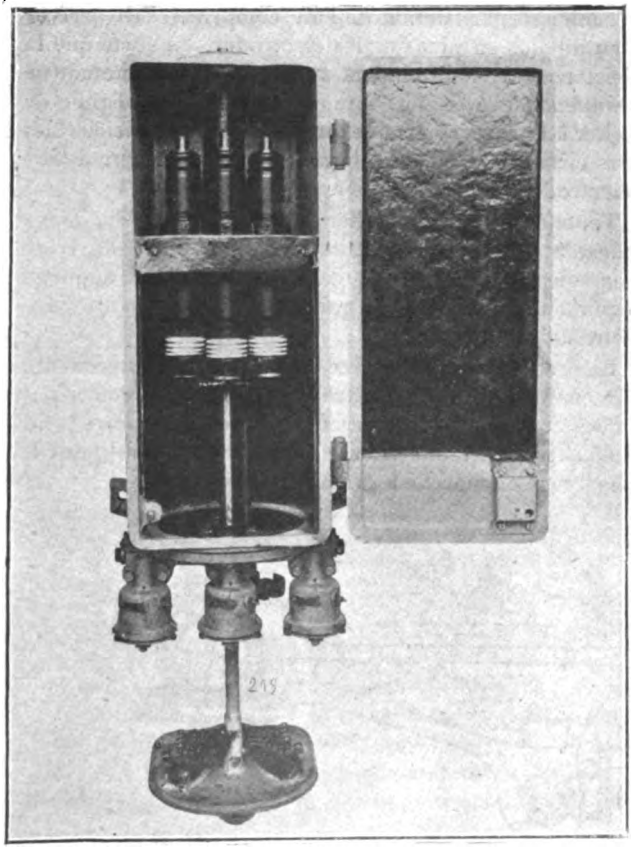


Fig. 12. — Interrupteur principal de la locomotive E 550.

principal (fig. 12). A ce dernier aboutit également la troisième phase, à travers la masse de la locomotive et des rails.

Cet interrupteur sert, non seulement à ouvrir et fermer le circuit des moteurs de transformation, mais aussi à permuter entre elles les deux phases aériennes à leur arrivée aux moteurs pour inverser ainsi le sens de rotation de leurs champs tournants et, partant, la marche de la locomotive.

Cet appareil sert donc également de changement de marche.

De cet interrupteur, les trois phases vont aux deux stators des moteurs de traction (fig. 13), si la vitesse de

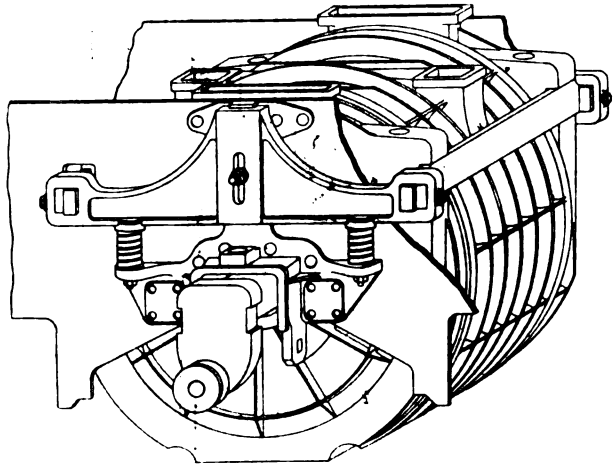


Fig. 13. — Suspension élastique du moteur.

marche est de 50 km à l'heure, ou seulement à l'un d'eux, dénommé primaire, dans le cas de marche à 25 km à l'heure. Dans cette seconde éventualité, le second stator (fig. 14) (du moteur secondaire) est mis en série

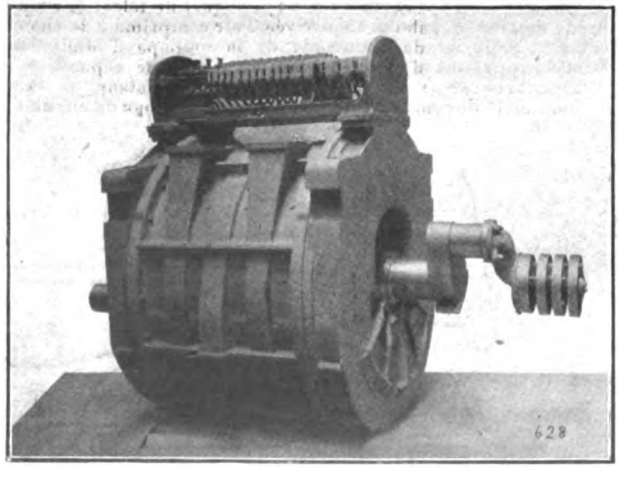


Fig. 14. — Moteur secondaire de la locomotive E 550.

avec le rotor du premier. Dans la marche à grande vitesse, les deux rotors sont mis en communication avec le rhéostat de démarrage correspondant, tandis que, dans la

Digitized by Google

marche à vitesse réduite le seul rotor du moteur secondaire est relié à ce rhéostat.

L'appareil qui établit ces communications entre les stators et la ligne, entre les rotors et le rhéostat et entre les deux moteurs, est le *commutateur de vitesse*. Celui-ci se trouve disposé au-dessus du moteur secondaire; il est mû par l'air comprimé à la volonté du mécanicien qui le place à l'une ou l'autre des positions correspondant aux deux vitesses de marche.

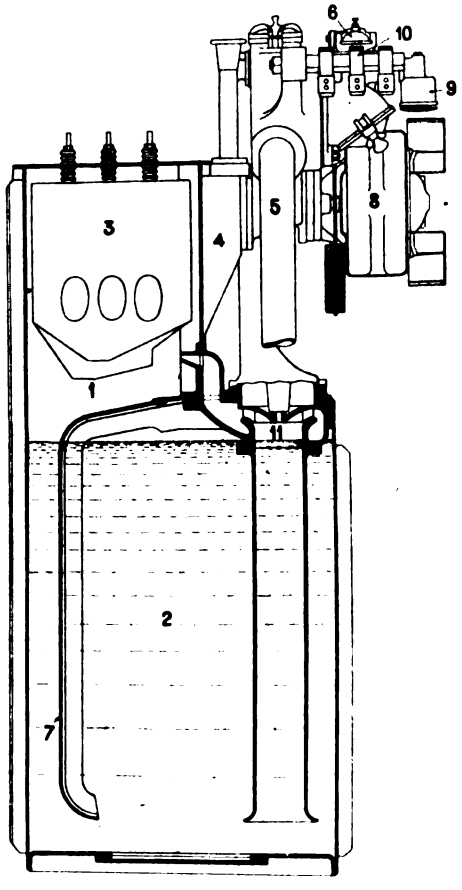


Fig. 15. — Schéma du rhéostat liquide:

1, chambre n° 1; 2, chambre n° 2; 3, paquet de tôles; 4, chambre du flotteur; 5, tubulure d'arrivée d'air comprimé à la chambre n° 2; 6, levier de commande de la soupape d'admission et d'échappement de l'air comprimé; 7, tôle de séparation des chambres n°s 1 et 2; 8, wattmètre régulateur; 9, relais; 10, balais de court-circuit; 11, pompe centrifuge de circulation.

La locomotive est munie d'un rhéostat de démarrage (fig. 15) constitué essentiellement par un bac contenant 700 litres d'eau légèrement additionnée de carbonate de soude.

A la volonté du mécanicien, cette eau peut baigner plus ou moins les électrodes communiquant avec l'un ou les deux rotors. Ces électrodes forment les deux bornes des enroulements de l'un des rotors ou des deux, suivant qu'on veut marcher à petite ou grande vitesse. L'eau fait ainsi fonction de résistance, variable graduellement entre de larges limites, insérée dans les enroulements des rotors.

Pour donner au couple moteur du moteur triphasé la valeur voulue pour la mise en marche du train, le mécanicien, lors du démarrage, fait en sorte que la résistance liquide soit maximum.

A mesure que la machine se met en mouvement, le mécanicien, par l'action de l'air comprimé, fait arriver l'eau de plus en plus sur les électrodes, en sorte que la résistance va en diminuant et que le couple moteur se maintient élevé. Enfin, lorsque la vitesse de régime de 50 km à l'heure se trouve atteinte, le mécanicien met hors circuit la résistance liquide et en court-circuit sur l'électrode correspondante le ou les rotors.

Toutefois, pour empêcher d'effectuer un démarrage tellement brusque que les organes d'attelage du train n'en soient rompus, il y a sur la locomotive un appareil régulateur du démarrage qui n'est, en fait, qu'un wattmètre à deux circuits:

Le premier circuit est fixe et parcouru par un courant d'intensité constante; l'autre est mobile et parcouru par un des courants qui traversent le stator secondaire pour le démarrage à faible vitesse ou les deux stators pour le démarrage en marche à grande vitesse.

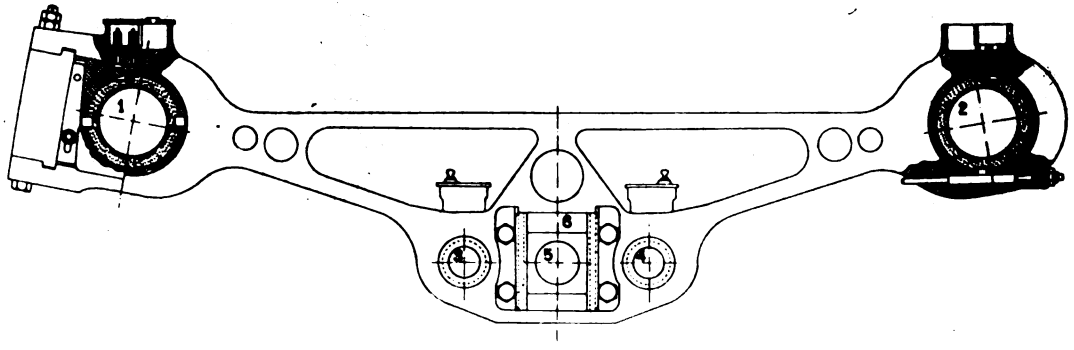


Fig. 16. — Bielle triangulaire (locomotive E 550):

1-2, coussinets des boutons de manivelle des moteurs avec paliers à rotule; 3-4, filetages avec paliers à rotule pour les bielles d'accouplement; 5, coussinet de bouton de manivelle de la roue médiane; 6, logement rectangulaire.

La réaction entre les parties mobile et fixe a pour effet d'empêcher l'eau de submerger trop rapidement les deux électrodes en communication avec les rotors ou bien de faire descendre ces électrodes. Il s'ensuit que

Digitized by Google

la vitesse de la machine ne peut croître qu'entre des limites raisonnables et préalablement calculées.

Comme on le voit, le mécanicien se borne à envoyer de l'air comprimé aux divers organes ; celui-ci arrive successivement, d'abord à l'interrupteur de changement de marche, puis au commutateur de vitesse, puis au rhéostat de démarrage. Le résultat obtenu est la marche de la locomotive dans le sens voulu et à la vitesse désirée.

La figure 16 représente la bielle des deux moteurs.

La locomotive est encore équipée de voltmètre, ampèremètre, et wattmètre qui fournissent au machiniste

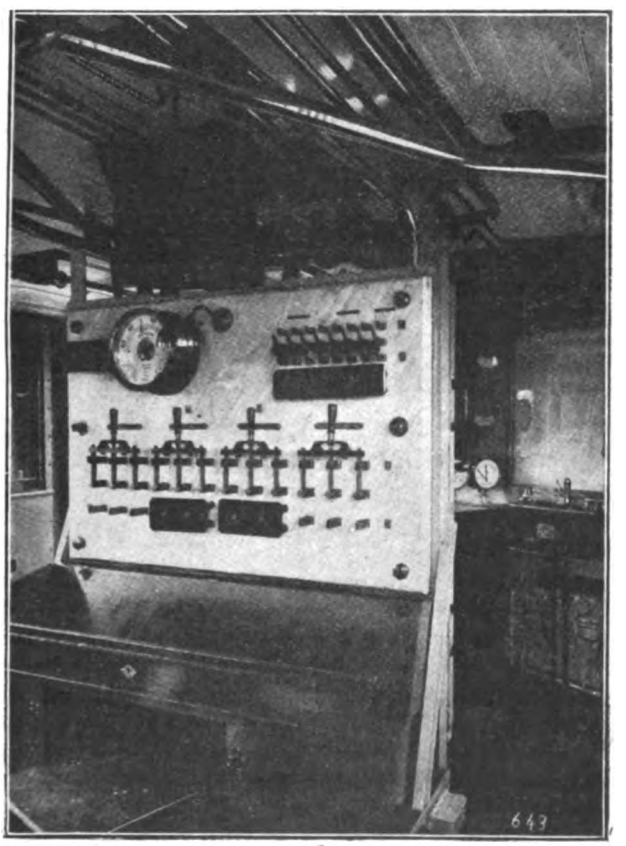


Fig. 17. — Vue intérieure de la locomotive E 550.

des indications sûres au sujet de sa marche (fig. 17).

En dehors de sa grande puissance, celle-ci mérite d'être citée pour deux faits d'importance capitale :

1° Au moyen du rhéostat liquide, on peut régler et maintenir constante l'intensité du courant de démarrage, à une valeur excédant de peu celle qui correspond à la vitesse de régime à atteindre ;

2° Le second fait est la récupération de l'énergie en descente. On sait que, quand la déclivité dépasse 6 pour 1 000, la gravité tend à accélérer le mouvement du train jusqu'à une limite pour laquelle la résistance à la traction est égale à l'effort accélérateur.

Sur les pentes de 20 à 25 pour 1 000 dont sont constituées nos lignes, la vitesse limite serait dangereuse et incompatible avec la sécurité de l'exploitation. En maintenant les moteurs sous courant, même en descente, ceux-ci se trouvent entraînés par la gravité à une vitesse supérieure à celle du synchronisme. Ils réagissent alors et maintiennent une vitesse pratiquement constante et égale à cette dernière, en se transformant en générateurs d'énergie ; ainsi, ils débitent du courant dans la ligne grâce aux propriétés connues des moteurs triphasés à champ tournant.

En dehors de l'inestimable avantage de récupérer une partie de l'énergie, ces moteurs fonctionnent automatiquement et efficacement comme freins dans les descentes, dans la mesure convenable au maintien d'une vitesse constante. Par suite, cette particularité, en dehors de son avantage économique, en offre un autre plus important au point de vue de la régulation de la marche et de la sécurité d'exploitation.

Ces deux propriétés rendent ainsi possible la circulation de trains complets sur les plus fortes pentes et garantissent de façon absolue la descente de longs et lourds trains de marchandises, même au cas où les freins modernes à air comprimé ne fonctionneraient pas. Cela a permis d'augmenter la vitesse des trains de marchandise en descente et de supprimer certains arrêts de sécurité nécessaires avec l'ancienne exploitation à vapeur.

Ateliers de réparations. — Le service actuel sur les quatre lignes en question est assuré par 120 locomotives du type qui vient d'être décrit (fig. 18), lesquelles ont donné d'excellents résultats. Les défauts minimes et inévitables que l'expérience a révélés dans le fonctionnement des premières machines ont été successivement corrigés, et l'on peut dire que ces locomotives représentent actuellement ce qu'on peut souhaiter de mieux dans une exploitation de chemins de fer, en tenant compte du fait que la locomotive électrique a peu d'années d'existence en regard de celle à vapeur quasi centenaire.

Après six ans environ de service sur les lignes les plus difficiles, on peut dire aujourd'hui que les locomotives électriques nécessitent des réparations moins onéreuses que les locomotives à vapeur plus grandes et qui, on l'a déjà dit, ont une puissance presque moitié moindre.

En fait, pour ce qui est de la partie mécanique des locomotives, les réparations sont bien plus coûteuses que celles des machines à vapeur pour les organes correspondants, parce que les efforts et les parcours sont plus grands et, par suite, plus grande l'usure des machines électriques comparée à celle des locomotives à vapeur. En outre, dans les premières, le système de transmission de l'énergie des moteurs aux roues est absolument rigide, ce qui nécessite une plus grande précision dans l'usinage des coussinets.

En revanche, l'entretien de la partie électrique est assez peu coûteux, soit qu'il exige peu de moyens d'usinage et de main-d'œuvre, soit qu'on puisse réemployer indéfiniment les matériaux de valeur dont est construite une machine, soit encore parce que, effectivement, la

Digitized by Google

grande puissance des moteurs et la souplesse d'adaptation du système triphasé aux efforts énormes et les plus variés rendent minimes les avaries ayant le caractère d'accidents.

Il s'ensuit que les frais de réparation de la partie électrique sont de beaucoup inférieurs à ceux qu'ont à faire les ateliers des chemins de fer à vapeur pour les réparations des grosses chaudières modernes; ces réparations nécessitent, en effet, un outillage très coûteux et encombrant.

Si l'on rapporte à l'unité de machine les frais de réparations, la comparaison entre le matériel à vapeur et le matériel électrique est toute à l'avantage de ce dernier. Si l'on prend ensuite pour base l'unité de trafic — c'est-à-dire la tonne-kilomètre virtuelle remorquée — l'avantage se montre très considérable.

Nos chemins de fer ont doté chacune des quatre lignes étudiées ici d'ateliers pour l'entretien des locomotives électriques. Nous avons ainsi les ateliers de Bussoleno pour la ligne de Cenis, ceux de Savone pour la

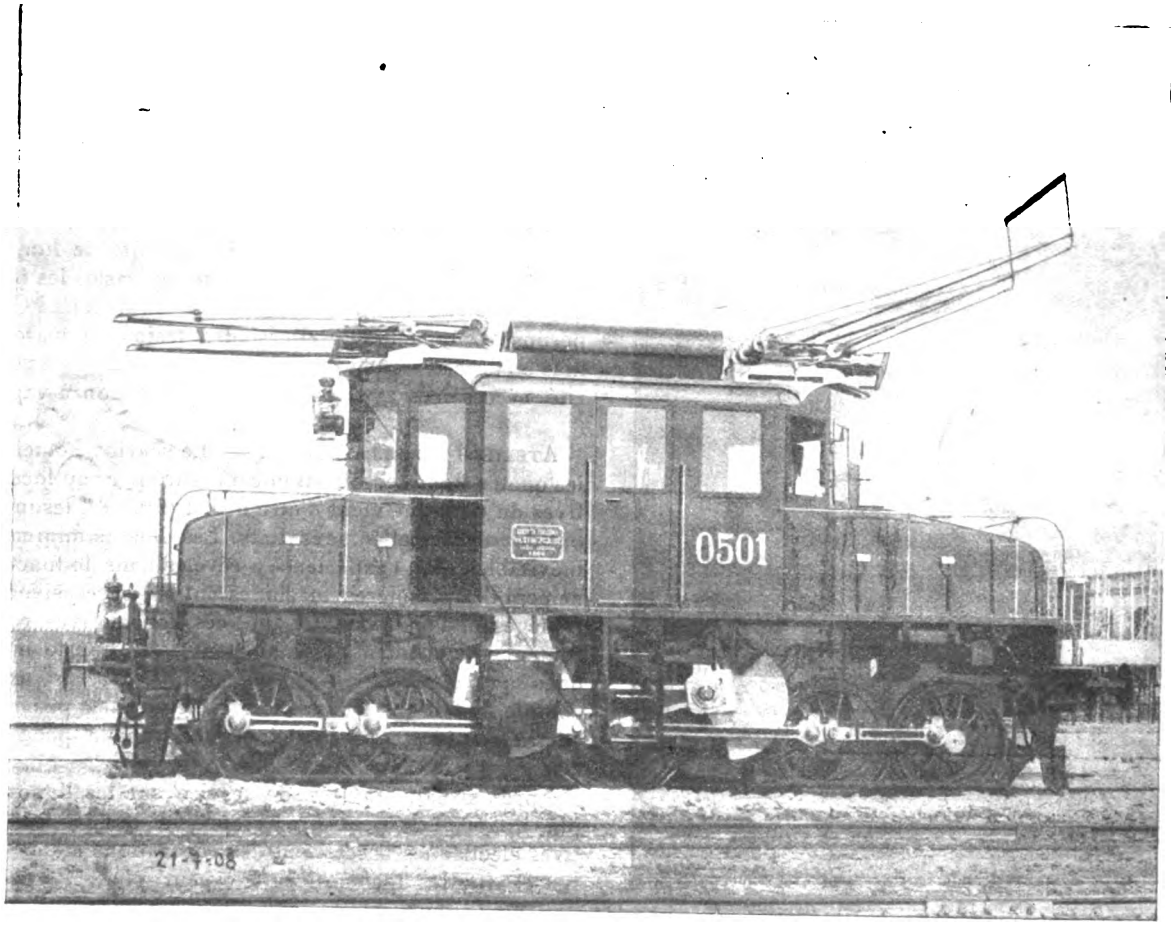


Fig. 18. — Première locomotive triphasée de 2000 ch des chemins de fer italiens, ligne de la Valteline ; année 1908.

ligne Savone-Ceva et ceux de Rivarolo pour les deux lignes de Giovi. Ces derniers sont naturellement les plus importants parce qu'ils entretiennent le plus grand nombre de locomotives et doivent assurer le plus fort service.

Les ateliers de Rivarolo sont dotés de tout l'outillage qui peut être utile pour exécuter toutes les réparations aux organes mécaniques et électriques ordinaires. Seul le remplacement des bandages de roues se fait aux ateliers de la traction à vapeur possédant un outillage spécial qu'il ne conviendrait évidemment pas de mettre dans les petits ateliers de traction électrique. Les deux autres établissements de Bussoleno et de Savone pourvoient seulement aux réparations d'ordre mécanique; ils ont recours, pour la partie électrique, à ceux de Rivarolo qui suffisent d'ailleurs pour toutes les lignes citées.

Résultats de l'exploitation électrique. — Nous venons de dire que ces résultats ont dépassé toute espérance et permettent de déclarer qu'aucun autre mode d'exploitation n'eût été plus efficace, plus simple, plus économique et plus sûr que celui qui a été adopté.

En ce qui concerne la puissance, il a été possible d'augmenter le poids et la vitesse des trains : le premier parce que, dans la traction électrique, le poids

Digitized by Google

adhérent est notablement plus efficace que dans la traction à vapeur. Les charges remorquables par une locomotive électrique de 60 t de poids adhérent sont supérieures de 10 à 20 pour 100 à celles d'une locomotive à vapeur de 74 t de poids adhérent. Quant à la vitesse, elle est tout simplement doublée, en sorte que les durées des trajets ont été réduites à peu près de moitié. Il en est résulté qu'on a pu assurer un trafic plus que double. De plus, l'absence totale de fumée dans les tunnels a permis de supprimer l'emploi des ventilateurs Saccardo en service sur toutes les lignes, avec une première économie d'exploitation non négligeable.

Pour le même motif, il est possible d'employer, quand le trafic l'exige, la triple traction sur toutes les lignes décrites, ce qui n'était pas sans danger et parfois même était impraticable auparavant.

La récupération d'énergie en descente est d'autant plus importante que le trafic est plus intense.

Cette récupération est notable sur les lignes de Giovi parce qu'elles sont parcourues par un plus grand nombre de trains ; elle est moindre quoique non négligeable sur les lignes de Savone et du Cenis.

Nous ferons remarquer que toutes les installations décrites marchant parfaitement en parallèle, l'énergie récupérée sur une ligne est sûrement utilisée sur l'une quelconque des lignes électrifiées.

La récupération d'énergie donne donc complète satisfaction. Cependant, cette énergie récupérée, outre qu'elle réduit les consommations spécifiques jusqu'à 20 w-h environ par tonne-kilomètre remorquée, est la source d'une économie toute différente due à la suppression de l'usure sur les voies en pente, des sabots de frein et bandages de roues des voitures. Pour peu qu'on ait la pratique des voies en montagne, on comprendra tout de suite l'importance de ces avantages.

Un autre avantage notable dérivant de la récupération de l'énergie réside dans la possibilité d'exploiter convenablement une ligne à profil aussi capricieux que celui de Savone à Ceva.

Au temps de la traction à vapeur, le service des marchandises du port de Savone passait en grande partie par la ligne privée San Giuseppe-Acqui, afin d'éviter la montagne russe entre San Giuseppe et Ceva. Cette montagne russe nécessitait par moments des renforts sur quelques kilomètres, renforts qui utilisaient mal les locomotives.

Avec la traction électrique, les locomotives électriques partent de Savone et vont à Ceva fonctionnant comme tracteurs en montée et comme récupérateurs d'énergie en descente. Les dépenses d'exploitation résultant de leur emploi sont ainsi grandement diminuées. Le trafic a cependant repris la route naturelle San Giuseppe-Ceva, abandonnant la ligne San Giuseppe-Acqui, sauf pour les quelques marchandises dirigées sur Milan.

L'utilisation des locomotives électriques et du personnel conducteur est plus du double de celle des locomotives à vapeur et de leur personnel. La chose est évidente si l'on tient compte du fait que la durée des parcours des trains de marchandises, qui sont la grande majorité sur les lignes en question, est moitié de celle des trains à vapeur.

De plus, après un parcours, la locomotive à vapeur devait faire de l'eau, du charbon, faire demi-tour, être ramonée et remise en pression, opérations qui ne prenaient pas moins de 2 à 3 heures et occupaient un personnel nombreux.

Toutes ces opérations et le personnel en question sont supprimés par la traction électrique. La locomotive électrique, après un voyage, est prête au même parcours. Tandis que les locomotives à vapeur couvraient, sur lesdites lignes, entre 2 000 et 3 000 km par mois, les machines électriques en parcourent de 5 000 à 6 000 et même plus dans les cas favorables. Pour les mêmes motifs, la fatigue physique du personnel de conduite des locomotives à vapeur est bien différente de celle du personnel de conduite des machines électriques.

Il s'ensuit que ce dernier peut être plus raisonnablement employé pendant plus longtemps, d'où économie évidente sur le nombre.

D'autres avantages indirects, de nature économique, résident dans la meilleure utilisation et la meilleure surveillance du matériel roulant, et notamment aussi dans l'absence de fumée, au point de vue de la propreté des voitures à voyageurs.

Nous avons dit que les locomotives électriques impliquent de moindres dépenses d'entretien que les anciennes machines à vapeur des lignes ici étudiées. Il en résulte donc, comme le prouve avec certitude l'expérience du passé, que sur ces lignes l'exploitation électrique a été économiquement avantageuse par rapport à l'ancienne exploitation avec chauffage au charbon aux prix d'avant la guerre (35 fr la tonne environ), et cela en tenant compte des dépenses d'entretien et de l'amortissement des installations fixes, qui n'existaient pas avec la vapeur.

Le lecteur pourra faire lui-même le compte des économies aux prix actuels du charbon en Italie (200 fr la tonne).

Il faut donc conclure que le système italien de traction électrique sur les grandes lignes, tout en étant le seul qui permît, comme des années d'expérience l'ont prouvé, de réaliser un véritable progrès technique, d'accroître le trafic et la sécurité sur les lignes les plus difficiles de la Péninsule, s'est prêté à la réalisation d'une économie non négligeable sur leurs dépenses d'exploitation.

L'extension de la traction électrique sur nos chemins de fer est donc une sage mesure nationale qui, tout en permettant de réduire l'importation de charbon en Italie et d'utiliser dans le pays même l'argent ainsi épargné à la production hydraulique de l'énergie électrique, contribuera à améliorer notablement à tout point de vue le service des voies ferrées. Il faut donc souhaiter qu'en ce moment le gouvernement et l'initiative privée suivent résolument la voie ainsi merveilleusement tracée par les chemins de fer en électrifiant le plus de lignes possible, dans le plus bref délai.

CARLO MAURILIO LERICI

Digitized by Google

L'éclairage des ateliers de prise de films aux États-Unis

Ces temps derniers, l'industrie du cinématographe a pris un développement considérable, la moindre petite ville a ses cinémas qui ne désemplissent pas; pour satisfaire le public de plus en plus exigeant il a fallu multiplier le nombre des films, réaliser des mises en scène de plus en plus coûteuses. Mais on n'aurait pu arriver à produire assez de films pour répondre à la demande, si on n'avait pas eu recours à l'éclairage artificiel des ateliers de prise de films, qui permet d'opérer en tout temps et à toute heure. L'auteur nous donne ci-dessous la description d'installations d'ateliers de prise de films aux Etats-Unis qui sont le plus gros producteur de films du monde.

L'industrie du cinéma continue à se développer d'une manière étonnante. La guerre, en supprimant la plus grande partie des délassements populaires concurrents, semble lui avoir donné un nouvel essor.

Aux États-Unis, cette industrie, si on y comprend la création et la fabrication des films, leur représentation et ses côtés accessoires, tient le cinquième rang comme chiffre d'affaires parmi toutes les industries du pays.

Il y a douze ans, il n'y avait aux États-Unis que cinq ateliers de prise de films, il y en a plus de 100 aujourd'hui; la concurrence entre ces différentes entreprises est acharnée et le prix de revient de la création du film est un facteur important de la lutte.

Le prix de revient comprend : le coût des films négatif et positif bruts, l'intérêt de l'amortissement du capital engagé dans la construction de l'atelier et dans son installation intérieure, les appointements des directeurs, acteurs et mécaniciens. La relation entre ces diverses dépenses varie d'une installation à l'autre ; le film terminé coûte de 10 à 100 fr le mètre, la moyenne étant d'environ 35 fr. Le film brut négatif coûte environ 0,65 fr le mètre et le positif 0,55. La principale dépense est naturellement constituée par le paiement des différents salaires, et toute méthode permettant d'utiliser de manière plus efficace le travail du personnel, abaisse le prix de revient du film et augmente les bénéfices du fabricant.

Une chose essentielle est de disposer d'un éclairage convenable. Le premier principe que l'on doit appliquer en cinématographie est le suivant : « Aucune scène ne doit être tournée, sans une lumière bien choisie, et en quantité suffisante. » L'éclairage doit être suffisant pour opérer au 1/50 de seconde et les détails doivent être fouillés, car la photographie sera projetée sur l'écran avec un agrandissement de 150 diamètres et le public devient de plus en plus difficile pour la netteté de la projection. On opère généralement avec une lentille de 5 cm et une ouverture F : 4,5.

Les premiers ateliers construits utilisaient la lumière du jour et possédaient des plafonds vitrés ; depuis, les murs latéraux sont également en vitrages. Mais, même dans ces conditions, les jours nuageux ou pluvieux et dès 15 heures, en automne et en hiver, la lumière du jour n'est plus suffisante pour l'obtention de bonnes photographies.

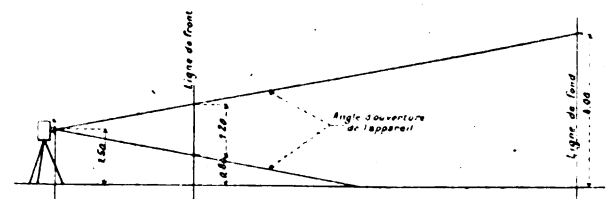
Le premier usage des lampes Cooper Hewitt, pour l'éclairage de ces ateliers, fut fait en 1905 à New-York par la Biograph Company's.

Peu de gens se rendent compte de la somme de travail qu'exige la prise de la scène la plus simple après que le scénario en a été accepté par le directeur. Les acteurs doivent être soigneusement choisis et recevoir des indications précises; les décors doivent être plantés, souvent il faut en faire faire de nouveaux. Des répétitions nombreuses sont nécessaires et c'est seulement quand le directeur est satisfait qu'on réclame l'éclairage intense et l'opérateur, 15 ou 20 m de film qui ne demandent qu'une minute pour être pris, peuvent exiger deux ou trois heures de répétition.

Toutes les scènes qui se passent dans le même décor sont généralement prises à la suite les unes des autres, sans s'occuper de l'ordre dans lequel elles se succèdent dans le scénario, les sections de films étant ensuite jointes dans l'ordre voulu.

En plaçant les décors, on ne doit pas oublier que les conditions ne sont pas celles d'un théâtre ordinaire dans lequel la scène est rectangulaire; ici elle doit être triangulaire afin de se trouver entièrement dans le champ de la lentille.

Puisque la hauteur de chaque photographie sur le film est environ 19 mm et la largeur 25 mm, l'ouverture de la scène n'est pas la même dans le sens vertical que



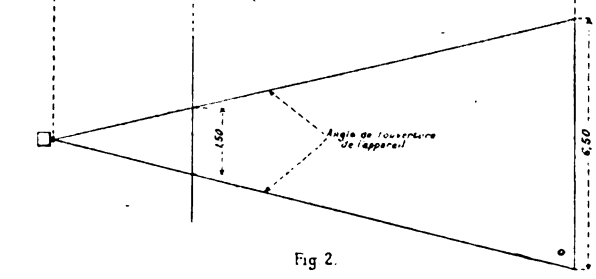


Fig. 1 et 2. — Scène triangulaire pour films cinématographiques.

dans le sens horizontal, les figures 1 et 2 montrent entre quelles limites l'action doit se dérouler.

Digitized by Google

La plupart du temps, la ligne de front a de 2,50 m à 3 m de largeur et l'appareil doit se trouver à environ 5 m du front, son axe optique à une hauteur de 1,20 m à 1,50 m au-dessus du sol. La profondeur moyenne des scènes est de 3 m à 4,50 m, de très grandes scènes pouvant atteindre 10 m.

Il ne faut pas oublier que la lumière des sources qui éclairent la scène ne doit pas pouvoir pénétrer directement dans l'appareil.

Un bon procédé pour éclairer une scène soit entièrement en lumière artificielle, soit conjointement avec la lumière du jour est d'utiliser des tubes Cooper Hewitt groupés par huit sur des châssis, chacun de ces groupes projetant environ sur la scène la même masse de lumière qu'une bonne fenêtre.

La lampe Cooper Hewitt est intéressante pour cet usage, d'abord à cause du grand pouvoir actinique de sa lumière, égal environ à celui de la lumière du jour, à éclairement égal, et aussi à cause de la grande surface de la source lumineuse qui, en donnant une lumière très diffuse, produit des effets d'éclairement analogues à ceux du jour. Les deux lumières se mêlent parfaitement et, dans un atelier travaillant particulièrement à la lumière du jour, on peut introduire peu à peu la lumière

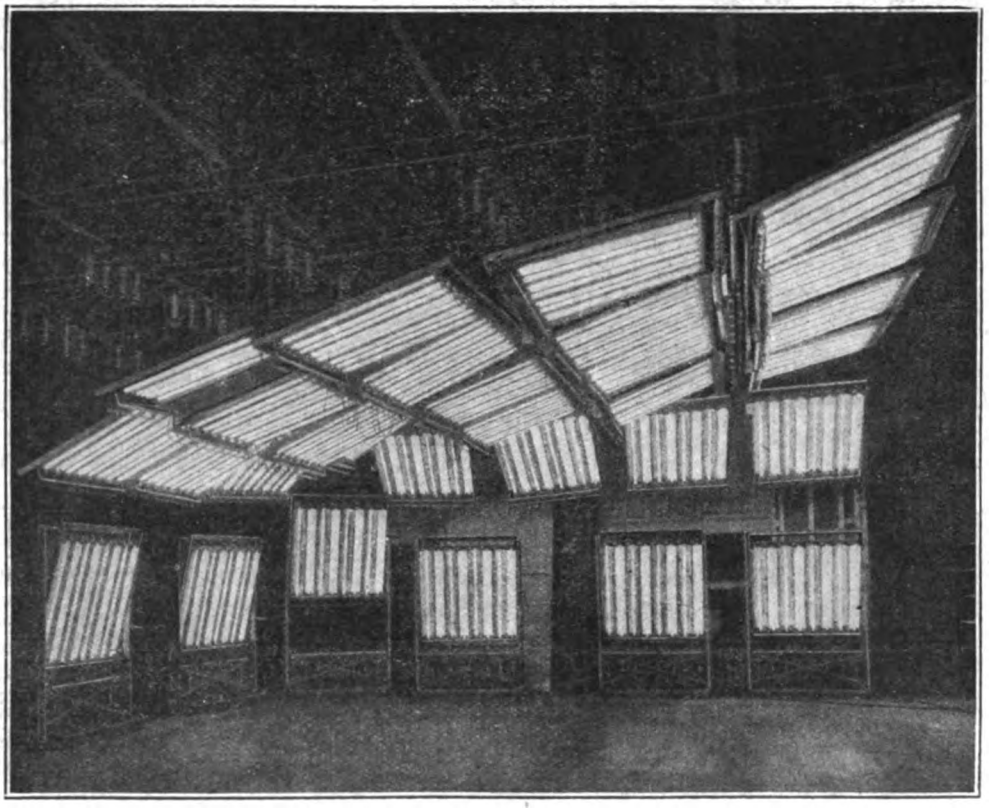


Fig. 3. — Disposition des lampes à vapeur de mercure pour l'éclairage des scènes cinématographiques.

des lampes Cooper Hewitt au fur et à mesure que la nuit vient.

Nous citerons comme exemple d'installation d'un éclairage de ce système celui d'une scène de 10 m de profondeur. On utilise 208 tubes dont 136 pour l'éclairage de plafond et 32 pour l'éclairage latéral ; 48 sont en outre montés sur des châssis mobiles sur le plancher et sont destinés à obtenir des effets de relief. Les lampes supérieures sont arrangées de la manière suivante : 9 châssis de 8 tubes sont suspendus approximativement à 2,50 m au-dessus de la ligne de front, faisant un angle de 30° avec l'horizontale. Derrière ces lampes sont suspendus 3 châssis de 8 lampes, inclinés suivant le même angle, et ainsi de suite. Cette disposition en éventail étant essentielle pour couvrir toute la scène, les lampes au-dessus de la ligne de fond étant environ à 6 m au-dessus de la scène. D'un côté sont suspendus 4 châssis inclinés à 45°, il n'y a pas de lampes du côté opposé, car si l'éclairage était symétrique, la photographie paraîtrait plate. Les châssis qui reposent sur le plancher sont disposés de manière variée, de façon à éclairer les points où n'arrive pas l'éclairage général, et de manière à produire des effets artistiques de relief.

Les lampes supérieures sont suspendues à une sorte de trolley qui leur permet de glisser d'une extrémité à l'autre de l'atelier et de pouvoir couvrir de cette manière 3 scènes différentes placées côte à côte. (Voir fig. 3 et 4.

Grâce à cela, on peut préparer deux des scènes pendant qu'on « tourne » sur la troisième et de cette

Digitized by Google

manière il n'y a pas de temps de perdu entre la prise des scènes.

La superstructure nécessaire pour cette opération comprend trois voies s'étendant sur la longueur entière de l'atelier. Sur ces voies courent un certain nombre de roues à gorge reliées entre elles par un châssis en cornière. A ces espèces de chariots sont suspendus par des chaînes, les tubes, leurs résistances et les organes d'allumage qui leur sont nécessaires.

Les châssis sont mus par des câbles sans fin qui vont d'une extrémité à l'autre et passent sur une poulie mue par une manivelle.

Les canalisations de ces lampes sont réunies à une boîte de distribution commune au centre du plafond et elles sont assez longues pour permettre le déplacement des châssis d'une extrémité à l'autre de l'atelier. Ces câbles lâches sont soutenus par des bagues isolantes en porcelaine dans lesquelles ils glissent.

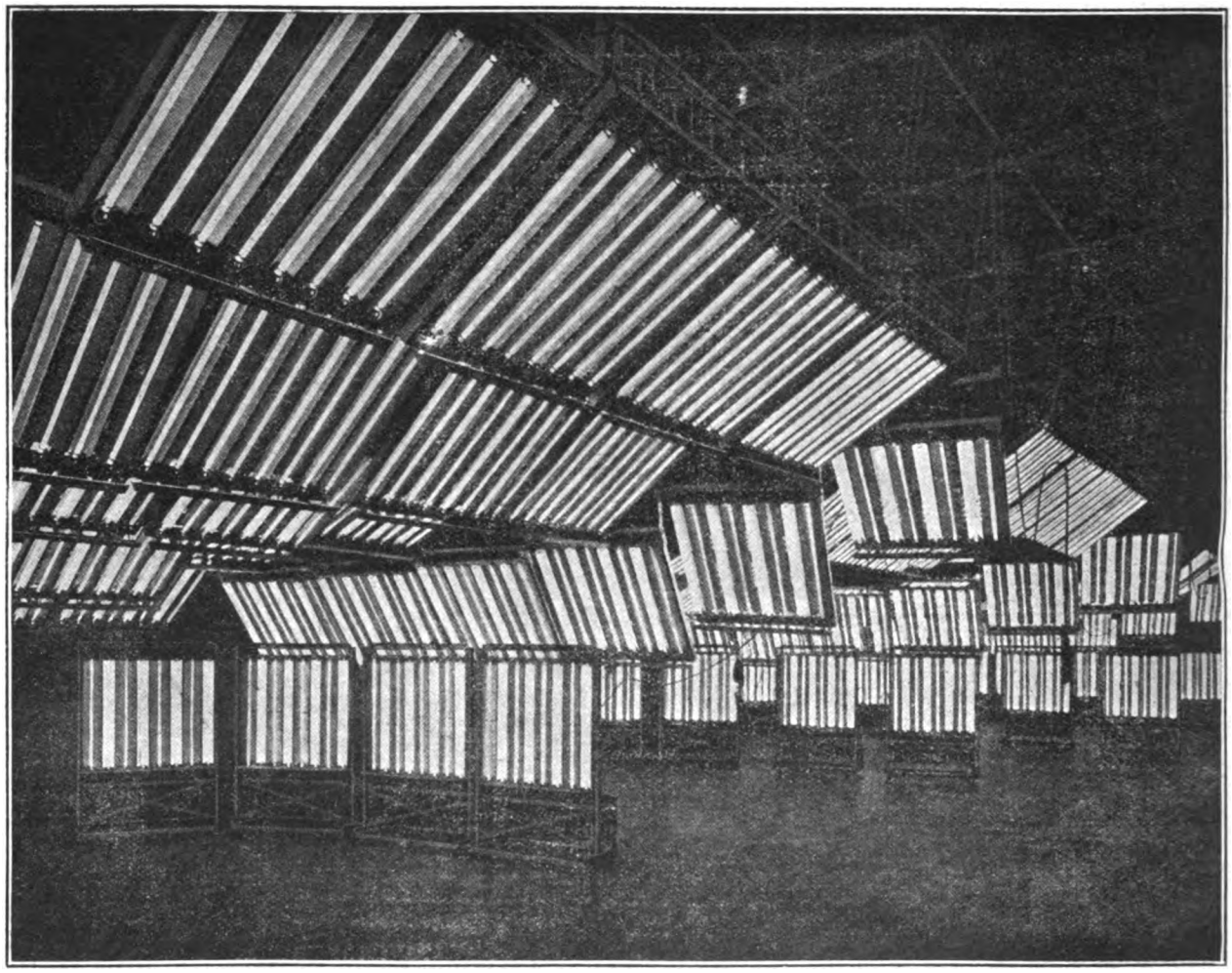


Fig. 3. — Disposition des lampes à vapeur de mercure pour l'éclairage simultané de plusieurs scènes cinématographiques.

Les canalisations passent par un tableau de distribution général monté sur un des côtés de l'atelier, et arrangé de manière que les lampes puissent être éteintes toutes simultanément ou par groupes, ce qui permet de diminuer la lumière pour les scènes de nuit ou, par une extinction complète, de reproduire l'extinction d'une lampe unique dans une chambre. En plus des lampes Cooper Hewitt, chaque atelier doit posséder 4 ou 5 grosses lampes à arcs qui sont utilisées pour simuler une cheminée, une lampe, etc.

Le principal avantage d'un atelier éclairé avec des lampes Cooper Hewitt tient dans le fait que les films peuvent être pris à la vitesse convenable et n'importe quand, de jour ou de nuit, avec des effets de lumière semblables à ceux obtenus avec la lumière du jour. De plus, l'opérateur n'a pas à faire de changement de diaphragme pendant la prise d'une scène, car la qualité et l'intensité de la lumière sont toujours les mêmes, la photographie a toujours le même degré de clarté et de finesse; on n'est point gêné, comme lorsqu'on opère au jour, par un nuage qui passe devant le soleil.

Un autre avantage important est le rôle de cette lumière au point de vue de la fatigue des yeux et de la santé des acteurs, même lorsqu'on emploie 200 tubes

Digitized by Google

ayant une intensité totale de 160000 bougies, en aucun point l'éclat de la source lumineuse ne dépasse 2,5 bougies : cm², tandis qu'avec d'autres systèmes d'éclairage, il peut atteindre 150 et plus. Dans ces conditions, l'acteur contracte ses pupilles, louche et perd son attitude naturelle, dirigeant involontairement ses yeux vers le sol ou du côté opposé à celui où se trouvent les lampes. De plus, grâce à leur très bon rendement actinique, la quantité d'énergie que l'on est obligé de perdre sous forme de chaleur est assez faible pour que la température de la salle ne s'élève pas de plus de 5 à 10°, tandis

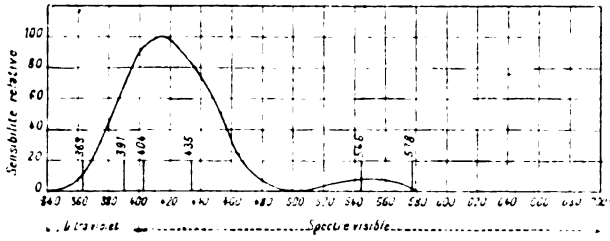


Fig. 5. — Variation de la sensibilité du film avec la longueur d'onde.

que cette augmentation peut atteindre avec d'autres systèmes 30 à 50°, ce qui est très pénible à supporter.

La valeur actinique de cette lumière est mise en évidence par la figure 5 sur laquelle on a représenté par une courbe la variation de la sensibilité du film à la lumière en fonction de la longueur d'onde, et les quatre lignes du spectre du mercure situées dans le spectre visible; on voit que la ligne 0,404, la plus intense, est très voisine du maximum de sensibilité de la préparation qui recouvre le film.

La dépense d'électricité nécessitée par un éclairage convenable en lampes Cooper Hewitt est d'environ 1 kw : m²; une petite scène peut donc être éclairée environ avec 30 kw, une moyenne avec 45 et une grande avec 75. Dans ces conditions, l'éclairement sur le plancher est d'environ 40 lux. Comme ces lampes ne demandent aucun remplacement de charbon et aucun entretien, la seule dépense est le remplacement des tubes. Pour prendre 350 m de film il faut environ deux jours de travail et deux heures d'éclairage; sur une grande scène le coût de l'éclairage nécessaire sera d'environ 40 fr en énergie électrique et 8 fr en entretien de tubes, soit moins de 50 fr pour un film dont le prix de revient variera de 5000 à 20000 fr suivant le sujet. En un mot, un très bon éclairage peut être obtenu pour un prix qui est de l'ordre de 1 2 pour 100 du prix de revient total du film.

Si on pense que certains acteurs sont payés 5000 fr par semaine et même davantage, soit environ 250 fr l'heure, on se rend compte que chaque minute de leur temps, économisée par un bon éclairage, diminue sensiblement le prix de revient du film.

Maurice Leblanc fils.

Revues, analyses et informations

Les transformateurs téléphoniques (1).

Dans un important article qu'il publie dans la revue américaine « Telephone Engineer », M. H.-S. Sheppard fait un exposé assez détaillé des applications des différents transformateurs actuellement utilisés en téléphonie et dégage successivement les principes électriques d'après lesquels ils fonctionnent.

Tout d'abord, il regrette qu'on ait donné le nom générique de « bobine répétitrice » au transformateur ou relais installé sur certains cordons des postes d'opératrices; méprise d'autant plus regrettable, dit-il, que, sous prétexte d'améliorer la communication par une prétendue répétition du message, la téléphoniste maintient constamment le transformateur en circuit au détriment d'une bonne transmission normale.

L'un des premiers transformateurs employés est celui généralement connu sous le nom de « bobine d'induction » qu'on rencontre dans tous les appareils d'abonnés du système à batterie locale. Le circuit primaire de cette bobine, serrée près du noyau, ne possède qu'une faible résistance; quant au secondaire qui est roulé sur le primaire, il compte un nombre beaucoup plus considérable de spires. La construction de la bobine est calculée de manière que la résistance et l'impédance du primaire s'adaptent au transmetteur utilisé en circuit local, alors que la résistance et l'impédance du secondaire sont calculées d'après les constantes de la ligne. La figure 1 montre, aussi simplement que possible, le fonctionnement d'un poste à batterie locale. Le diagramme « a » figure le courant du circuit transmetteur lorsqu'une onde sonore harmonique vient frapper le diaphragme. On peut admettre que ce courant de pulsations ou acylique est formé d'un courant alternatif superposé à un courant direct. La bobine

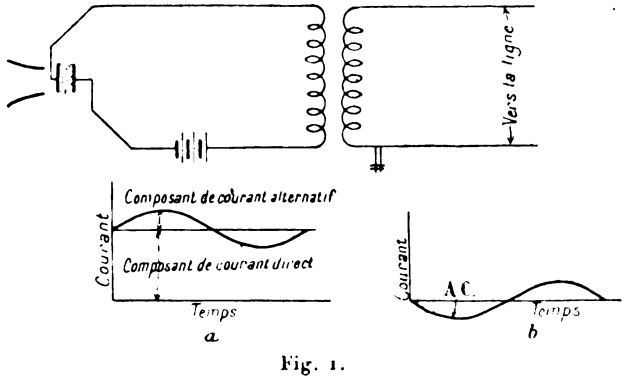


Fig. 1.

d'induction transforme le courant direct de telle sorte que sur la ligne, le courant devient purement alternatif comme le montre la courbe « b ». Par le fait qu'elle s'oppose à ce que le courant direct s'écoule dans la ligne et s'y affaiblisse du fait de la résistance de celle-ci, cette disposition doit augmenter l'efficacité de la ligne. Aussi, la transmission d'un

(1) *The Thelephone Engineer*, janv. 1917, t. XVII, p. 13-17, 9 fig.

Digitized by Google

poste à batterie locale est-elle, en principe, meilleure que celle d'un poste à batterie centrale.

On utilise fréquemment dans les centraux à appel magnétique des transformateurs spéciaux d'un rapport 1 : 1 généralement connus sous le nom de bobines répétitrices. Une partie des cordons sont, ou bien équipés en permanence avec ces bobines, ou bien la bobine est reliée à une clef permettant de l'intercaler à volonté dans le circuit du cordon qui devient alors cordon convertible. La bobine a pour fonction d'empêcher le déséquilibre d'un circuit entièrement métallique quand il se trouve relié, par l'intermédiaire du tableau, à un circuit avec retour de terre. La bobine répétitrice n'empêche pas les troubles de passer d'une ligne sur une autre, mais elle permet d'équilibrer effectivement le circuit métallique par transposition. La figure 2 montre l'action de la bobine sur un circuit métal-

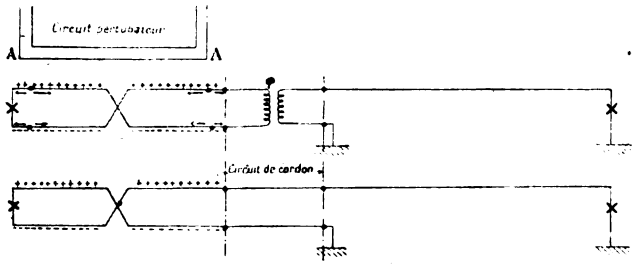


Fig. 2.

lique en communication avec la terre. Dans le circuit sans bobine, le passage à la terre d'un côté du circuit métallique a une résistance plus élevée que le passage de l'autre côté, en sorte que la transposition figurée au milieu du circuit n'est pas effective pour réduire la perturbation causée par le circuit d'énergie « A-A ». Dans le circuit pourvu de bobine, les charges électrostatiques se neutralisent avec pour résultat de donner tout le bénéfice de la transposition. D'un autre côté, chacun sait qu'une terre engendre des bruits désagréables sur le circuit, et, dans le cas envisagé, la bobine répétitrice supprime en réalité deux terres.

Les opératrices des tableaux à appel magnétique ont fréquemment à établir des connexions entre lignes locales et inter-urbaines, et se servent à cet effet des mêmes cordons. Il importe que les transformateurs installés sur ces cordons soient de la plus haute efficacité, attendu que la perte de transmission qui résulte de l'emploi d'un transformateur défectueux est naturellement beaucoup plus sérieuse quand elle affecte une communication à longue distance que quand il s'agit seulement de connexions entre lignes locales. Certains constructeurs sont parvenus à établir des bobines dont la perte de transmission est considérablement inférieure à 800 m de câble étalon. Mais ne s'agirait-il même que d'une perte aussi minime, on ne devrait laisser les bobines en circuit qu'autant qu'elles y sont rigoureusement nécessaires.

Dans les tableaux à batterie centrale, il existe également des cordons ainsi équipés. Aussi arrive-t-il fréquemment que les téléphonistes, qui ont eu à se servir de ces cordons pour établir des communications locales, les conservent en circuit pour des connexions où les bobines ne sont pas nécessaires. C'est là un inconvénient auquel il importerait de porter remède. En résumé, la présence des transformateurs sur les tableaux à batterie locale et sur les fils d'intercommunication dans les réseaux à batterie centrale est une relique de l'ancien système des circuits à retour de terre. Dans la plupart des cas, la transmission gagnerait à ce que tous les transformateurs de cordons soient supprimés, hormis un ou deux pour répondre aux cas où les conditions de la ligne sont exceptionnellement mauvaises.

Chez un grand nombre d'abonnés des réseaux à batterie centrale qui utilisent un récepteur du type à aimant permanent, il existe un transformateur également appelé bobine d'induction qui a pour mission de s'opposer au passage du courant continu dans les bobines du récepteur. Dans les postes d'abonnés de la Compagnie « Western Electric », outre qu'elle exclut du récepteur le courant de la batterie, la bobine d'induction fait encore partie des organes du réseau avec mission de renforcer la transmission.

La figure 3 illustre les deux types principaux de montage de postes utilisant ce transformateur. Les diagrammes de

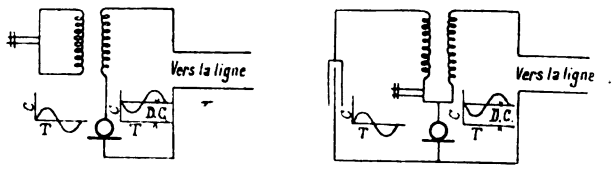


Fig. 3.

chaque branche du circuit indiquent la nature du courant circulant sur cette branche quand le transformateur vibre en harmonie.

Dans les réseaux à batterie centrale, tous les postes d'abonnés doivent puiser leur courant à une source unique au bureau d'attache de leurs lignes. La batterie étant commune à toutes ces connexions, outre que la fonction du circuit d'alimentation est de fournir le courant aux lignes d'abonnés par l'entremise d'une résistance aussi basse que possible, elle est encore de s'opposer à la production d'une interférence mutuelle entre lignes simultanément reliées. Il faut donc que le circuit d'alimentation soit constitué de manière à empêcher que les pulsations dues au chargement de la batterie centrale ne se répercutent sur les lignes d'abonnés

Cette fonction est merveilleusement remplie par un transformateur à deux enroulements divisés et dont le noyau possède une section suffisante pour que, même sous le flux maximum engendré par le courant direct, il ne soit pas tellement saturé qu'il ne puisse répondre aux faibles courants alternatifs de conversation.

La figure 4 montre la méthode de connecter deux lignes

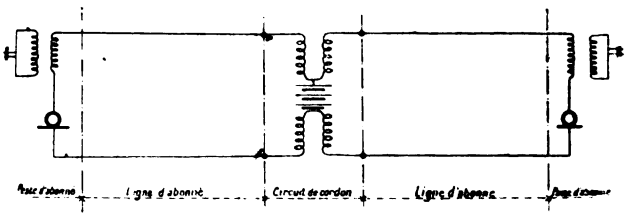


Fig. 4.

au tableau à l'aide d'un cordon chargé d'un transformateur ou bobine répétitrice. On remarquera qu'on a omis d'y faire figurer les appareils de supervision, ainsi d'ailleurs que tous les organes non absolument nécessaires au circuit d'alimentation. Les bobines n'ont qu'une faible résistance comportant une chute de tension de courant direct insignifiante. On utilise un transformateur par cordon, installé derrière le tableau ou sur une étagère spéciale dans la salle d'arrivée des câbles.

La figure 5 représente un transformateur du type en question avec l'enroulement sectionné en quatre parties dont deux P — P constituent l'enroulement primaire et les deux

Digitized by Google

autres S — S l'enroulement secondaire. Naturellement cette désignation dépend du sens de la conversation. Énumérons maintenant les extrémités des enroulements par 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 et 8, nous allons voir qu'il y a deux façons de relier les bobines primaire et secondaire avec des résultats identiques, si nous faisons abstraction de la batterie, mais

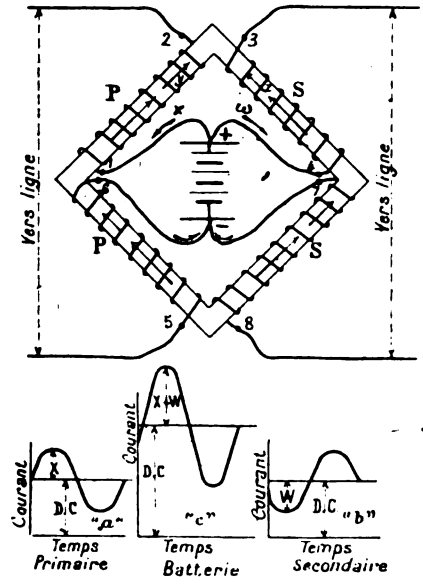


Fig. 5.

avec des résultats très différents, si nous tenons compte de cette dernière (interférence et bruits de chargement).

Connectons d'abord le primaire et le secondaire de manière que les forces magnétomotrices dues au courant direct dans un enroulement s'opposent à celles de l'autre. C'est la condition que représente la figure 5. La direction des forces magnétomotrices de courant direct qui tendent à produire un flux dans le noyau est indiquée par de grosses flèches sur chaque section des enroulements. Si donc le courant direct du primaire est égal à celui du secondaire, ces forces magnétomotrices seront équivalentes et opposées et, par conséquent, se neutraliseront; en sorte que le flux produit sera très faible, à supposer naturellement que les enroulements sont équilibrés et que la perte de flux est insignifiante. Puisque la constante ou le flux de courant direct dont le fer doit se charger est faible, il n'est pas utile que la section du noyau soit forte, et on peut faire travailler le fer au point le plus bas de sa courbe de saturation. Nous appellerons cette disposition *connexion déductive*, par opposition à la connexion *additive* ou *cumulative* envisagée plus loin. Remarquons qu'en pratique les courants des deux enroulements sont rarement identiques, étant donnée la résistance des circuits d'abonnés; il y a donc presque toujours production de flux. Nous allons cependant ne considérer, à fin de simplification, que le cas des courants équilibrés.

La variation de courant que l'action du transmetteur produit dans le circuit primaire induit une variation similaire dans l'enroulement secondaire, mais avec un décalage de phases de 180° environ. Il faut entendre que, lorsque le courant du primaire augmente de valeur, celui du secondaire décroît et vice versa. La nature des courants des deux enroulements et la variation de résistance du transmetteur présumée pour être harmonique sont indiquées par les diagrammes « a » et « b » de la figure 5. Dans les deux cas, le courant est alternatif superposé à un courant direct. Étant donné qu'il se répartit sur chaque moitié du transformateur, quel sera l'effet de la variation du courant de la batterie? On comprendra toute l'importance du phénomène, car la batterie étant commune à tous les cordons, toute variation de courant résultant de l'action d'un transmetteur d'abonné aura pour effet d'influencer tous les autres circuits reliés. Admettons que, par suite de la diminution de résistance du transmetteur, le courant primaire augmente légèrement comme l'indique la flèche x, il en résultera une force magnétomotrice, indiquée par la flèche y, qui tendra à faire croître un flux dans le noyau. Or il va falloir que la force magnétomotrice due au courant (ou plus exactement la force électromotrice) induite dans le circuit secondaire ait une direction de nature à s'opposer à cet accroissement de flux, c'est à-dire qu'elle devra prendre le sens de la flèche z, d'où modification du courant secondaire suivant le sens de la flèche w. Ces variations de courant x et w vont concourir aussi à accroître le courant de la batterie et nous pourrons dire que toute modification du courant de la batterie est un effet *cumulatif* des variations de courant du primaire et du secondaire. Il en serait de même si l'augmentation du courant primaire s'effectuait dans un sens opposé. Nous pouvons aussi représenter le courant de la batterie comme l'indique le diagramme « c », où ce courant est figuré par la somme des courants direct et alternatif des deux enroulements. On comprend que, si la batterie commune avait une résistance appréciable, la variation de son courant dans la disposition déductive donnerait le maximum d'interférence.

Renversons maintenant les deux enroulements secondaires suivant la disposition de la figure 6. La flèche x

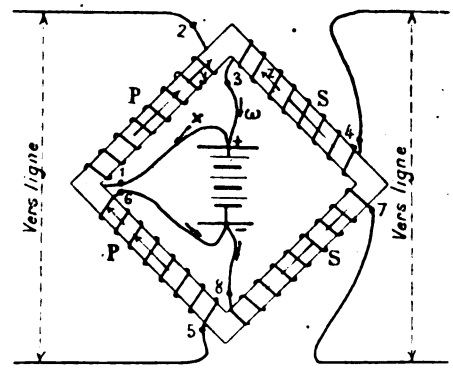


Fig. 6.

représente une modification de courant comme ci-dessus et y la modification résultant de la force magnétomotrice d'un enroulement. La force magnétomotrice secondaire représentée par z s'oppose bien encore à y; mais la modification du courant induit w qui produit z va maintenant se diriger dans la batterie en sens opposé, en sorte que x et w vont se neutraliser au lieu de s'ajouter. Les diagrammes a, b, et c, représentent la nature des courants primaire, secondaire et de batterie dans cette disposition. Le diagramme « c » montre que le courant de la batterie résulte

Digitized by Google

de la somme des courants directs et de la différence des courants alternatifs des deux circuits. Comme l'indiquent les grosses flèches, les forces magnétomotrices de courant direct et le flux sont ici cumulatifs et nous nous trouvons en présence d'une condition additive de flux qui exige une large section de noyau si la saturation est abaissée à une valeur raisonnable.

La figure 7 représente les deux connexions d'une manière différente. Les flèches marquent les directions relatives des

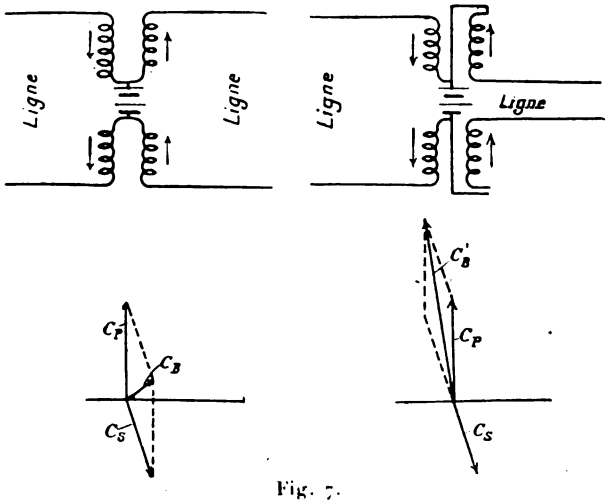


Fig. 7.

courants induit et inducteur dans les bobines et dans la batterie.

Examinons maintenant comment, avec ces deux modes de connexions, on empêchera que les variations de potentiel de la batterie causées par le changement de celle-ci, ne produisent des crépitements dans les appareils des abonnés. La batterie se charge ordinairement pendant que les cordons sont alimentés de courant. La batterie et le cordon en charge sont alors reliés en parallèle sur les bornes du générateur qui, d'autre part, alimente directement les circuits d'abonnés. Comme le générateur ne peut fournir un courant régulier, par suite des saillies et des étincelles du collecteur, il aura pour l'abonné l'effet d'un générateur de courant alternatif ayant la fréquence du collecteur, relié en série à la batterie commune.

La figure 8 représente cette disposition. On peut estimer

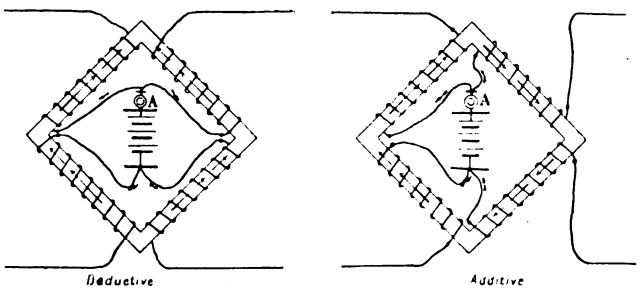


Fig. 8.

que la force électromotrice produite par l'alternateur A est très faible comparée à la force électromotrice de la batterie. En pratique, on relie le générateur à la batterie par l'entremise d'une bobine retardatrice, ce qui permet de réduire la variation du voltage pendant la charge. D'après le diagramme de gauche nous voyons que, si le courant de la batterie augmente du fait de l'alternateur série, l'accroissement de courant dans le primaire déterminera une force magnétomotrice qui tendra à créer un flux de sens négatif, alors que le courant du secondaire tendra, lui, à produire un flux de sens positif. Si donc les courants alternatifs des deux circuits sont égaux, les forces magnétomotrices se neutraliseront, il n'y aura pas de modification de flux dans le noyau avec le changement du courant et les enroulements seront non inductifs à partir du centre. Par le fait seul de sa résistance, la bobine n'interposera qu'une faible impédance aux variations de courant dans les lignes d'abonnés. Avec cette disposition, le chargement de la batterie produira des crépitements dans les appareils d'abonnés, à moins toutefois que sa résistance ne soit très basse. D'autre part, dans la disposition additive, la tendance de l'alternateur série à accroître le courant dans la batterie aura pour résultat de produire une force magnétomotrice de sens négatif dans les deux bobines primaire et secondaire. Le flux produit sera dû à la somme de ces deux forces magnétomotrices et, les bobines, devenant hautement inductives à partir de leur centre, interposeront une large impédance à la variation de courant dans les lignes d'abonnés quand la source de potentiel variable sera dans le circuit de la batterie. Cette disposition cumulative réduit donc sensiblement les bruits de charge de la batterie.

En résumé, étant donné le faible flux produit par le courant direct, la disposition déductive exige que le transformateur installé sur les cordons des tableaux à batterie centrale ait un noyau comparativement réduit; il y aura donc économie. Toutefois, si la batterie possède une résistance appréciable, les bruits de conversation et de charge seront sensibles. La disposition additive, par contre, exige un fort noyau pour l'absorption du large flux constant ; sa construction sera donc plus onéreuse. Mais cet inconvénient sera contre-balancé par ces avantages, que la batterie pourra avoir une résistance plus élevée, ce qui entraînera une construction plus économique, et que les bruits d'interférence et de charge seront très considérablement atténués.

Les transformateurs acquièrent une valeur particulière dans la superposition des circuits, fig. 9. Dans ce cas, il

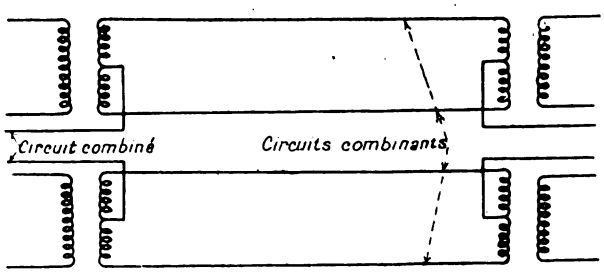


Fig. 9.

importe qu'ils aient une très haute efficacité pour que les circuits combinants ne soient pas trop influencés par le travail des circuits combinés. Bien que, le plus souvent, on n'ait lieu d'employer que des transformateurs très exactement équilibrés, il est des cas toutefois où des transformateurs à rapports inégaux sont indispensables pour balancer les impédances de deux lignes de nature différente (circuit en câble sur circuit aérien).

Il résulte de cette étude que le transformateur téléphonique peut prendre plusieurs formes et porter différents noms, et bien qu'il ne s'impose pas encore avec autant de force que le transformateur d'énergie, il a néanmoins beaucoup d'importance et demeure l'auxiliaire presque indispensable d'un bon service téléphonique.

Digitized by Google

SECTION DE LÉGISLATION

A propos de la réglementation de l'organisation du personnel radiotélégraphique dans les colonies françaises

Dans notre numéro du 14 avril nous avons publié, p. 595-599, le décret du 19 février du ministre des Colonies organisant le personnel destiné à l'exploitation du réseau radiotélégraphique colonial. Cette organisation, qui crée un nouveau débouché aux ingénieurs électriciens de toute origine, a déjà donné lieu à des revendications d'une de nos administrations qui considère que tout mode de transmission de la pensée doit être sous son contrôle quel que soit le lieu où il est utilisé. Aussi lira-t-on avec intérêt les notes suivantes que nous adresse un de nos lecteurs, notes où, après avoir bien marqué la limite de ce qui doit être sous le contrôle de la Métropole, de ce qu'il convient de mettre sous le contrôle des Colonies, l'auteur résume les dispositions principales du décret et termine par l'énumération des motifs qui militent en faveur de la nouvelle organisation.

I. — Les stations de télégraphie sans fil construites ou à construire peuvent se diviser en deux groupes.

Les premières, destinées à assurer des relations avec la mère patrie, dans des conditions analogues aux grands câbles sous-marins, seraient établies sur le budget de l'État par les soins de la Métropole. Elles appartiendraient aux Administrations intéressées, Postes et Télégraphes pour les stations commerciales, Guerre et Marine pour les postes exclusivement militaires et seraient organisées et exploitées par ces Administrations.

En dehors des stations de ce « réseau impérial », toutes à l'état de projet et qui seront nécessairement en très petit nombre, nos possessions établissent pour leurs besoins propres, sur leur budget, des postes radiotélégraphiques de plus en plus nombreux, qui constituent ce que l'on appelle « les réseaux locaux ».

Ces réseaux, propriétés exclusives des colonies, sont évidemment exploités par elles au même titre que leurs chemins de fer, leurs douanes et tous les organismes coloniaux.

Importants déjà, puisqu'ils comportent plus de cinquante stations en service ou en montage, vingt-cinq environ en projet de tout genre, de toutes puissances, les réseaux locaux sont voués à un brillant avenir, la télégraphie sans fil jouant un rôle de plus en plus important dans les vastes régions coloniales, où les lignes télégraphiques coûtent très cher et ne donnent pas de sécurité.

Outil commercial de premier ordre, la télégraphie sans fil est avant tout, d'ailleurs, un important organe de gouvernement, un précieux moyen de défense.

Nos colonies l'ont compris et ont agi avec toute la vigueur que leur permettaient leurs ressources.

La Métropole qui, dix-sept ans après l'ouverture de la première communication transatlantique à l'étranger, ne possède encore aucune station *commerciale* puissante et ne dispose, à cet effet, que de quelques petits postes, aurait utilement suivi leur exemple.

Il y a plus de six ans que M. Messimy lançait en France l'idée du réseau impérial : si les discussions ont été nombreuses, les actes ont été nuls.

Peut-être regrettera-t-on de n'avoir pas laissé le soin de réaliser cette grande entreprise aux administrations coloniales qui s'offraient à le faire, jugeant que cette œuvre coloniale les concernait au premier chef, et qu'elles étaient spécialement qualifiées pour la faire aboutir.

Maintenant encore, d'ailleurs, ce sont ces administrations qui montrent la voie à suivre en créant les premières, pour leur service radiotélégraphique des réseaux locaux, une organisation rationnelle du personnel technique affecté à l'exploitation.

II. — Le décret du 19 février dernier constitue un corps de radiotélégraphistes coloniaux, ouvert à tous, et l'esprit qui a inspiré les nouvelles dispositions ressort nettement du rapport qui précède le décret.

Avant tout, on s'efforce de tenir compte des besoins spéciaux de la radiotélégraphie qui nécessite : « Une instruction théorique et pratique de plus en plus spéciale et profonde, dans toutes les branches de la science intéressées par la radio-électricité, plus spécialement l'*électricité industrielle et la mécanique*. »

En second lieu, le nouveau cadre n'est rattaché à aucun cadre métropolitain, afin d'éviter l'emploi généralisé de fonctionnaires se renouvelant de façon excessive et ne s'intéressant pas suffisamment à un service, où ils n'exercent leur emploi qu'à titre transitoire. Le meilleur moyen de favoriser l'expansion d'une application nouvelle de la science est de lui donner une complète indépendance.

Enfin la réglementation ne vise que le personnel de direction, les agents subalternes, télégraphistes, mécaniciens, qui ne sont le plus souvent d'ailleurs que des indigènes étant recrutés, sur place, directement par les services locaux.

Il est à remarquer d'ailleurs que la nouvelle organisation, qui n'intéresse que les budgets locaux, aurait pu être finalement réglementée par de simples arrêts locaux : la création, par décret, d'un cadre d'ensemble permettra une meilleure répartition des agents et donne plus de facilité pour leur assurer, aux colonies, des garanties d'avenir.

L'entrée normale dans le cadre est ouverte par un examen auquel peuvent se présenter tous les candidats, quelle que soit leur origine, ayant deux ans de pratique dans la radiotélégraphie.

Digitized by Google

Le poste de début est celui de sous-chef de station de 5e classe, solde coloniale de 6 000 fr ; la solde du sous-chef de 1re classe atteint 10 000 fr.

Les candidats pourvus du diplôme d'ingénieur électricien peuvent être nommés directement sous-chefs de station de 2e classe (solde coloniale 9 000 fr) : c'est reconnaître, d'une façon particulièrement pratique, l'importance, en télégraphie sans fil, des connaissances en électrotechnique.

L'échelon supérieur, dit des chefs de station, comprend de véritables ingénieurs de premier ordre, pour la direction des postes importants, et le recrutement ultérieur des chefs de réseau. Il ne comportera évidemment qu'un petit nombre de fonctionnaires.

L'accès normal au grade de chef de station est ouvert par un examen dans *tous les cas*.

Ces chefs de station proviennent de deux sources différentes :

1° Des sous-chefs de station, ayant une grande pratique (1/5 des places leur est réservé, au minimum) ;

2° Des candidats possédant certains diplômes (dont celui de l'École supérieure d'électricité) et ayant en outre une pratique spéciale de deux années.

Les inspecteurs de réseau se recrutent par avancement normal des chefs de station.

Des périodes transitoires ont été prévues, pendant lesquelles les candidats, ayant une très longue pratique, pourront, exceptionnellement, être nommés directement chefs de station ou inspecteurs, sans posséder aucun diplôme spécial.

D'une façon générale, les vacances dans un grade sont comblées, de préférence, par voie d'avancement en s'adressant aux agents du cadre déjà en fonctions.

L'avancement a lieu, moitié au choix; moitié à l'ancienneté pour les sous-chefs de station, 3/4 au choix, 1/4 à l'ancienneté pour les chefs de station, uniquement au choix pour les inspecteurs.

Pour le montage des machines, pylônes, appareils des divers postes, il a paru bon enfin de prévoir quelques postes dits de mécaniciens principaux, ouverts aux candidats purement praticiens et en quelque sorte ouvriers. On pourra ainsi donner un avenir intéressant aux mécaniciens subalternes recrutés sur place.

L'accès au grade de mécanicien principal comporte un examen et est ouvert de préférence à ces mécaniciens subalternes, ayant deux années de pratique.

Les candidats de toutes origines peuvent, d'ailleurs, se présenter à l'examen en question.

Afin d'aboutir plus vite, et étant données les complications de toutes sortes soulevées par la création des retraites, le Département des Colonies a réservé cette création pour un second règlement, actuellement à l'étude.

L'avenir offert aux candidats, tout à fait équivalent à celui que peut leur donner une carrière industrielle favorable, est déjà assez attrayant pour attirer de bons spécialistes dans la télégraphie sans fil coloniale.

III. — Les électriciens ne peuvent être que favorables à la nouvelle organisation qu'on vient d'exposer, pour plusieurs motifs :

1° Le recrutement des fonctionnaires coloniaux de la télégraphie sans fil ouvrira des débouchés intéressants aux élèves sortant de nos écoles d'électricité et contribuera à favoriser le développement des études de télégraphie sans fil, dans ces écoles, et à attirer les élèves entreprenants qui verront s'ouvrir pour eux les perspectives d'un avenir intéressant dans les pays neufs ;

2° Les constructeurs d'appareils électriques et par suite les syndicats qui les groupent, ne peuvent être que satisfaits de voir confier l'Administration de la télégraphie sans fil coloniale à des fonctionnaires capables et indépendants qui leur donneront des garanties pour l'appréciation impartiale et compétente des appareils qu'ils auront à fournir à l'Administration des Colonies.

3° Enfin, tous ceux qui s'intéressent aux progrès de la télégraphie sans fil, notamment les Sociétés scientifiques d'électriciens, les Sociétés de physique, le Comité de Télégraphie sans fil scientifique, etc... ne peuvent que se réjouir de voir constituer dans les colonies un personnel capable de collaborer aux recherches internationales entreprises depuis quelques années sur les phénomènes de propagation des ondes électriques et sur les influences perturbatrices des phénomènes atmosphériques sur le rôle des couches supérieures de l'atmosphère.

Il serait donc déplorable à tout point de vue que l'on ne donnât pas une suite complète et immédiate aux décrets du ministre des Colonies, ou qu'on songeât à faire revivre en faveur de certaines catégories de fonctionnaires polytechniques et ne sortant d'aucune école d'ingénieurs, des privilèges de recrutement suranné. Le seul mot de privilège est d'ailleurs inacceptable dans une société démocratique, issue de la Révolution française dont le but a été précisément de supprimer les privilèges.

Toute uniformisation du recrutement par en bas ne peut d'ailleurs que nuire au niveau d'un corps de fonctionnaires et par suite aux intérêts généraux du pays, qui doivent passer avant ceux de n'importe quel groupement.

A. B.

ERRATUM. — Dans l'article de M. Guerschuxovitch sur le *Calcul des lignes de transmission d'énergie électrique* le lecteur est prié de faire les corrections suivantes :

Page 525, lire pour les ordonnées des abaques les nombres :

5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 ;

au lieu de : 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350.

Page 529, 2e colonne, 1re ligne par en bas, lire :

$$I = \frac{W}{U_2\sqrt{3}\cos\varphi_2} = \frac{60\times 10^3}{2\,727\times\sqrt{3}\times 0{,}75} = 17\ \text{A}$$

et :

$$\cos\varphi_1 = \frac{U_2\cos\varphi_2 + RI\sqrt{3}}{U_1} = \frac{2\,251}{3\,000} = 0{,}750\,3$$

au lieu de :

$$I = \frac{W}{U_2\sqrt{3}\cos\varphi_2} = \frac{60}{2\,727\times\sqrt{3}\times 0{,}75} = \frac{2\,251}{3\,000} = 0{,}750\,3.$$

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

1re Année. — Tome I. — N° 18. — 5 Mai 1917.

Chronique. — Unification ou normalisation ? — Quelques grandes installations de cuisines électriques en Grande-Bretagne, p. 681 et 682.

Section scientifique et technique. — Sur un abaque destiné à faciliter le calcul des rhéostats de démarrage, par P. Pothenot, p. 683.

Section industrielle. — Le labourage électrique, par Ach. Delamarre, p. 691. — La protection des usines hydrauliques contre les glaces (*suite et fin*), par A. Kaminer et J. Vichniak, p. 701. — L'école du bon sens, par P. C., p. 710. — Revues, analyses et informations : Amortisseur pour rhéostat de mise en route, p. 712.

Section économique et financière. — Assemblées générales : Société avignonnaise d'électricité, p. 713 ; Compagnie centrale d'éclairage par le gaz (Lebon et Cie), p. 713 ; Société française d'incandescence par le gaz (système Auer), p. 714 ; Comptoir national d'escompte de Paris, p. 714. — Revues, analyses et informations : La question de l'apprentissage, p. 714 ; Le commerce allemand après la guerre, par P. Loppé, p. 716.

Section de législation. — Relèvement des tarifs des Compagnies de distribution en raison de la hausse des charbons. Conditions d'homologation, par S. de Rugnet, p. 717. — Législation, jurisprudence, réglementation : Création d'un registre de commerce, p. 719 ; L'allaitement maternel dans les établissements industriels ou commerciaux, p. 719 ; Arrêté nommant un secrétaire adjoint de la Commission des distributions d'énergie électrique, p. 720 ; Le placement des travailleurs et l'institution d'offices départementaux et de bureaux paritaires de placement, p. 720.

Unification ou normalisation ? — Dans le numéro du 24 février, p. 282, nous posions à nos lecteurs la question suivante : Ne devons-nous pas traduire « standardisation » par « normalisation » ?

Un certain nombre de réponses nous sont parvenues à ce propos. De leur ensemble se dégage le fait que le mot « normalisation » a les sympathies du plus grand nombre ; toutefois plusieurs lecteurs estiment que l'emploi du mot « unification » ayant prévalu jusqu'ici, il convient de conserver ce mot ; d'autres sont d'avis qu'il serait préférable d'adopter le terme anglais « standardisation » sans chercher à le traduire.

Voici quelques-unes des raisons invoquées pour ou contre chacun de ces trois termes :

1° Normalisation. — Un de nos lecteurs nous écrit :

Personnellement, je goûte fort peu ces néologismes tirés de mots autrefois français qui, après un petit voyage, nous reviennent avec une allure exotique, leur étymologie déformée, et moins harmonieux.

Nos racines latines et même grecques sont assez riches pour nous fournir le mot évoquant la même idée que « standardisation » dont la traduction littérale, qui serait « étalonnage », a déjà une attribution bien précise.

Or, je ne vois point de rapprochement entre l'idée contenue dans « standardisation » et le sens exact donné à « unification » par son étymologie : *unus* (un seul) et *facere* (faire), façonner un type unique.

La souplesse, l'élasticité qui font défaut à « unification », nous les trouvons dans l'expression nouvelle « normalisation » (comme d'ailleurs dans « uniformisation » où l'idée de forme, de cadre, rendait assez bien la pensée).

En langage philosophique, d'ailleurs, d'autres termes dérivés de *norma* (règle) sont souvent employés : morale normative par exemple.

L'idée de guide, de principes directeurs est donc bien traduite ici.

D'un autre lecteur :

Au point de vue linguistique, « normal » me paraît être le véritable équivalent français de « standard » dans l'acception qui nous occupe. Au point de vue industriel, l'idée évoquée par le substantif « normalisation » est bien celle d'une méthode d'organisation de la production dans le sens de la conception américaine appelée là-bas « standardisation ». Pour ma part, j'ai toujours traduit « to standardize » par « normaliser », me refusant d'ailleurs à employer le barbarisme qu'est « standardiser ».

Les Allemands, contrairement à nous, connaissaient le fait avant d'avoir les mots. Suivant leur habitude en pareil cas, ils n'ont pas hésité à nous les emprunter : de « normaliser » et de « normalisation », ils ont fait « normalisieren » et « normalisierung »

Il est inutile de faire comme eux et de chercher au loin ce que nous avons sous la main. Adoptons donc « normal » et ses composés.

Ces deux citations nous ont paru contenir toutes les raisons que nous avons trouvées, plus ou moins longuement exposées, dans les lettres d'autres lecteurs ; que ceux-ci nous excusent donc de ne pas les citer.

Digitized by Google

2° UNIFICATION. — Un seul lecteur, mais des plus autorisés, a défendu par écrit l'adoption de ce terme.

Les querelles de mots sont, dit-il, du pur byzantinisme que les Français aiment un peu et de quoi ils devraient bien se guérir.

Il y a dix ans au moins que le Comité électrotechnique français existe et s'occupe d'*unification* : il n'y a aucune raison, aujourd'hui, pour changer ce terme ; de plus, le français étant la seule langue officielle de la Commission électrotechnique internationale et cette dernière ayant adopté « unification » comme synonyme — sinon traduction — de « standardisation », nous ne pouvons pas lui infliger un démenti.

J'ajoute que, pour ma part, je trouve que « unification », sans traduire exactement « standardisation » rend mieux l'idée que l'autre terme.

Ceci dit, je suis bien résolu à ne pas me laisser entraîner à une discussion sur ce point : il n'en vaut vraiment pas la peine.

Par contre un autre lecteur écrit :

« Unifié » ne vaut rien parce qu'on ne peut pas dire « température unifiée », « vitesse unifiée », la simple lecture des mots « température normale », « poids normal », « vitesse normale », montre que « normal » vaut mieux que « unifié »..., sauf pour les « socialistes unifiés ». Si on ne veut pas du mot « normal », la véritable traduction de « standard » serait le mot « type », on devrait dire la « vitesse type », la « température type » et la « typisation ».

L' « unification » consiste à assembler ensemble des choses qui étaient primitivement séparées, mais non pas à créer des types normaux ; je ne comprend pas que cette nuance de la langue échappe à tant de personnes.

3° STANDARDISATION. — Les partisans de l'adoption pure et simple du terme anglais invoquent le fait que tout le monde en comprend la signification et que l'expression « appareil standard » est entrée dans le langage commercial.

On pourrait leur objecter qu'il serait tout aussi clair et même plus clair de dire « appareil normal ».

D'autres objections, que nous recevons au dernier moment, peuvent d'ailleurs être soulevées contre les termes « standardisation » et « unification ».

Je suis, nous écrit un lecteur, absolument opposé au mot « standardisation » pour plusieurs motifs. « Standard » a déjà beaucoup trop de significations variées. En Russie, c'était le nom du yacht impérial tiré du mot « étendard ».

« Standard » est difficile à prononcer pour certains Français ; il ne faut pas farcir la langue de mots étrangers inutiles, surtout quand ils sont aussi pénibles à prononcer. Notre langage n'est pas un eunuque, mais le plus riche et le plus abondamment générateur de mots nouveaux du monde entier.

En outre, quiconque connaît un peu la philologie romane sait que les mots anglais « stranger », « strand », « spain », viennent des mots français « estranger », « estran » (rivage de la mer), « Espagne ». « Standard » devrait donc se traduire par « estandard » ou, dans le français moderne, « étendard », et je ne vois pas un comité français prenant le titre de « Comité Estandard » !

En tout cas, il semble bien résulter de cet exposé que les trois mots précédents, sans compter « uniformisation », seront indifféremment employés dans les mémoires techniques et les circulaires commerciales et que, *officiellement*, nous aurons le moins bon d'entre eux : « unification ». On s'en consolera peut-être en songeant qu'officiellement on a déjà traduit « transmission of energy » par « transport de force » et que, non moins officiellement, on exprime la « force » d'une machine ou d'une chute d'eau en chevaux ou en kilogrammètres, au petit bonheur. Mais les mânes d'Hospitalier doivent frémir de voir transgresser ainsi ses règles, pourtant si logiques et si claires.

Quelques grandes installations de cuisines électriques en Grande-Bretagne. — Bien que ce soit en France qu'ait été réalisée, par MM. Parvillée frères, au restaurant « La Feria » de l'Exposition universelle de 1900, la première installation de cuisine électrique, cette intéressante application de l'électricité n'a pris aucun développement dans notre pays alors qu'aux États-Unis et en Grande-Bretagne elle a, grâce aux efforts et à l'initiative des entreprises de distribution, pris une importance considérable ainsi qu'on peut en juger par les quelques exemples suivants qui se rapportent uniquement à la Grande-Bretagne.

A Newcastle on Tyne, le restaurant Carrick possède une installation de 250 kw permettant de servir 460 personnes et qu'on se propose d'agrandir de manière à pouvoir servir 3 500 personnes. Cette installation comprend une marmite à cuire le poisson, deux fours à cuire et rotir la viande, un grand four de boulangerie à deux étages, l'un pour cuire le pain, l'autre la pâtisserie, deux étuves à réchauffer, une série de casseroles pour légumes et puddings, deux fours à griller et rotir, d'autres accessoires comme ceux servant à la confection d'œufs pochés, etc.

Dans une usine de munitions de la même région est montée une installation de 160 kw.

Dans le Lancashire, une filature a récemment mis en service une installation de 332 kw qui assure journellement la nourriture de plusieurs milliers d'ouvriers. On y trouve toute une série de fourneaux à rotir et à cuire, de plateaux chauffants, de réchauds, d'étuves, etc.

Et ce ne sont là que les exemples les plus importants car nombreuses sont aujourd'hui les cuisines de restaurants et d'habitations particulières où l'on rencontre quelque ustensile chauffé par le courant électrique.

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

Sur un abaque destiné à faciliter le calcul des rhéostats de démarrage

Dans cette étude, l'auteur fait la description et donne la théorie complète d'un abaque hexagonal permettant d'effectuer en quelques instants tous les calculs nécessaires à la construction d'un rhéostat de démarrage.

L'emploi de la nomographie est demeuré assez restreint en électrotechnique. Les études de M. Blondel restent à l'état d'exception ; si l'on y ajoute deux ou trois exemples indiqués par M. Maurice d'Ocagne [1] et quelques autres applications à champ assez restreint, on aura, croyons-nous, épuisé la liste des abaques utilisés par les électriciens.

Nous croyons cependant qu'il y aurait un grand intérêt à généraliser ces méthodes de calcul, et nous allons les appliquer à la détermination des rhéostats de démarrage. L'étude qui suit montre qu'il est possible de déterminer entièrement, au moyen d'un seul nomogramme, la spécification complète d'un démarreur pour moteur shunt, compound ou asynchrone, mis en marche à couple constant et dont les résistances sont à l'air libre.

Dans cette étude, nous supposerons complètement connues du lecteur les méthodes de graduation des démarreurs ; nous avons utilisé les travaux de M. Campanakis sur ce sujet [2] et adopté systématiquement les notations de cet auteur. Nous supposons également connus les principes généraux de la nomographie, et renvoyons le lecteur aux ouvrages spéciaux de M. Maurice d'Ocagne.

*
* *

Le calcul d'un démarreur comprend deux parties presque indépendantes ; d'une part, la détermination de la résistance totale et sa répartition dans les interplots ; d'autre part, le calcul des sections de conducteurs de façon à obtenir l'échauffement minimum avec le plus faible poids possible de métal. Une fois connues les résistances et les sections, un calcul très simple donne les longueurs et poids de conducteurs à employer.

La détermination de la résistance totale et sa répartition sont faites, encore aujourd'hui, par certains constructeurs d'un façon très approximative. Il n'en résulte pas d'inconvénients graves lorsqu'il s'agit de rhéostats à main démarrant peu souvent ; le nombre de plots est ordinairement plus grand qu'il n'est nécessaire, le couple résistant est souvent mal connu et l'incertitude qui règne sur les temps de passage à chaque plot, qui varient énormément suivant l'opérateur, donne une cause d'erreur beaucoup plus grande ; mais aujourd'hui l'emploi des démarreurs automatiques à contacteurs se répand de plus en plus ; leurs applications deviennent plus nombreuses, surtout pour les machines-outils ; or, ces appareils ont nécessairement un nombre de crans de démarrage assez faible, et la moindre faute de graduation amène de très grands écarts d'intensité en pointe ; comme le plus souvent ces appareils sont destinés à fonctionner très fréquemment, la justesse de leur graduation a une influence très grande sur la bonne marche et la conservation des moteurs.

Les erreurs de graduation, au point de vue du choix des sections, ont moins d'importance pour l'exploitant en ce sens que le moteur n'en souffre pas. Mais, comme l'appareil le mieux gradué est évidemment le moins encombrant, le moins coûteux et, toutes choses égales d'ailleurs, le plus durable, le constructeur et l'exploitant ont en fin de compte un égal intérêt à ce que les démarreurs soient rigoureusement proportionnés.

Ces considérations paraîtront peut-être oiseuses parce que évidentes ; nous avons cru cependant nécessaire de les exposer, car nous avons remarqué que, même aujourd'hui, un trop grand nombre d'ingénieurs estiment encore « qu'un moteur démarre toujours » et n'accordent aucune importance au choix et à la construction des démarreurs.

Détermination de la résistance du rhéostat. — Cas d'un moteur shunt a courant continu. — Soient :

U la tension d'alimentation ;

I le courant correspondant au couple à obtenir ;

r la résistance du circuit induit (y compris la chute de tension aux balais considérée comme produisant un accroissement de résistance, et s'il y a lieu, la résistance des pôles de commutation) ;

p le nombre d'interplots du rhéostat $p + 1$ plots.

On sait que, dans ces conditions, le courant absorbé devra varier à chaque plot entre le minimum I et un certain maximum λI, λ étant un coefficient plus grand que 1, que nous appelons « pointe de courant ». On démontre qu'il doit exister la relation suivante :

$$\lambda^p = \frac{U}{rI} \qquad (1)$$

[1] Conférences à l'École supérieure d'Électricité. — Nous citerons en particulier le nomogramme à points alignés relatif aux pertes par hystérésis.

[2] *La Lumière Électrique* des 26 février et 12 avril 1916.

Digitized by Google

or, on a évidemment :

$$R + r = \frac{U}{\lambda I} = \frac{U}{I\sqrt[p]{\frac{U}{rI}}} = r^{\frac{1}{p}} \left(\frac{U}{I}\right)^{\frac{p-1}{p}}$$

d'où :

$$p \log. (R + r) = \log. r + (p - 1) \log. \frac{U}{I}. \qquad (2)$$

Cette équation contient cinq variables. Mais le quotient $\frac{U}{I} = \rho$ peut se déterminer séparément. Nous pourrions utiliser pour cela un abaque à alignement, mais nous avons préféré la disposition hexagonale à transparent qui se prête mieux, à notre avis, à la seconde partie du calcul.

Portons (fig. 1)

$$x_1 = l \log. I$$
$$x_2 = - l \log. U,$$

l étant un module quelconque ; nous avons :

$$x_3 = x_2 + x_1 = l \log I - l \log U = - l \log \rho$$

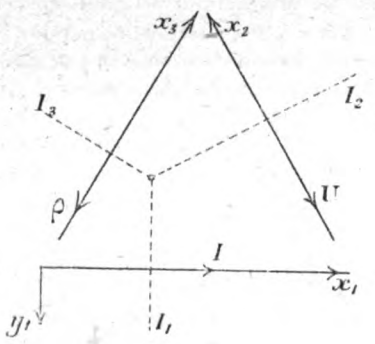


Fig. 1.

Sur l'abaque joint à cette étude on a pris $l = 125$ mm (1).

Supposons maintenant que, sur le transparent, on ait tracé des droites parallèles équidistantes numérotées. Appliquons ce transparent sur l'échelle des résistances (ρ) de façon que la droite numérotée 1 sur le transparent passe au point coté r de l'échelle et que la droite numérotée p + 1 passe au point coté ρ (fig. 2).

Nous avons évidemment :

$$CB = AB - AC = l (\log \rho - \log r).$$

(1) En réalité, les nécessités du format ont conduit à réduire la planche jointe à cette étude aux 4/10 du format primitif ; les différentes valeurs des modules indiquées ici et plus loin se réfèrent toutes à l'abaque original, dont les dimensions totales sont de

420 × 550 mm.

Si D est le point d'intersection de l'échelle (ρ) avec la droite numérotée p, nous avons :

$$CD = \frac{p-1}{p} CB = \frac{p-1}{p} l (\log \rho - \log r),$$

$$AD = AC + CD = l \log r + \frac{p-1}{p} (l \log \rho - \log r),$$

$$AD = l \frac{\log r}{p} + l \frac{p-1}{p} \log \left(\frac{U}{I}\right),$$

ou d'après (2)

$$AD = l \log (R + r) \log R + r$$

Le point D a donc pour cote la résistance totale $R + r$, d'où l'on tirera, par simple différence, la valeur de R.

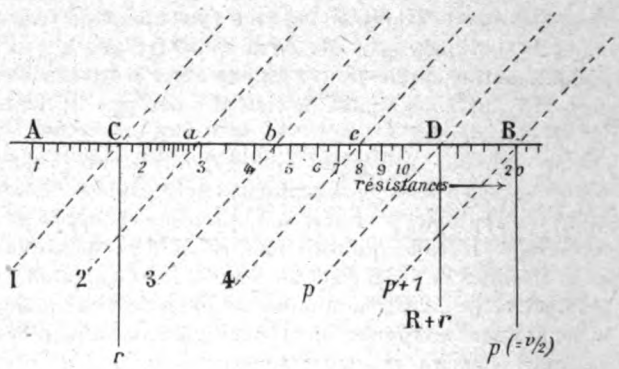


Fig. 2.

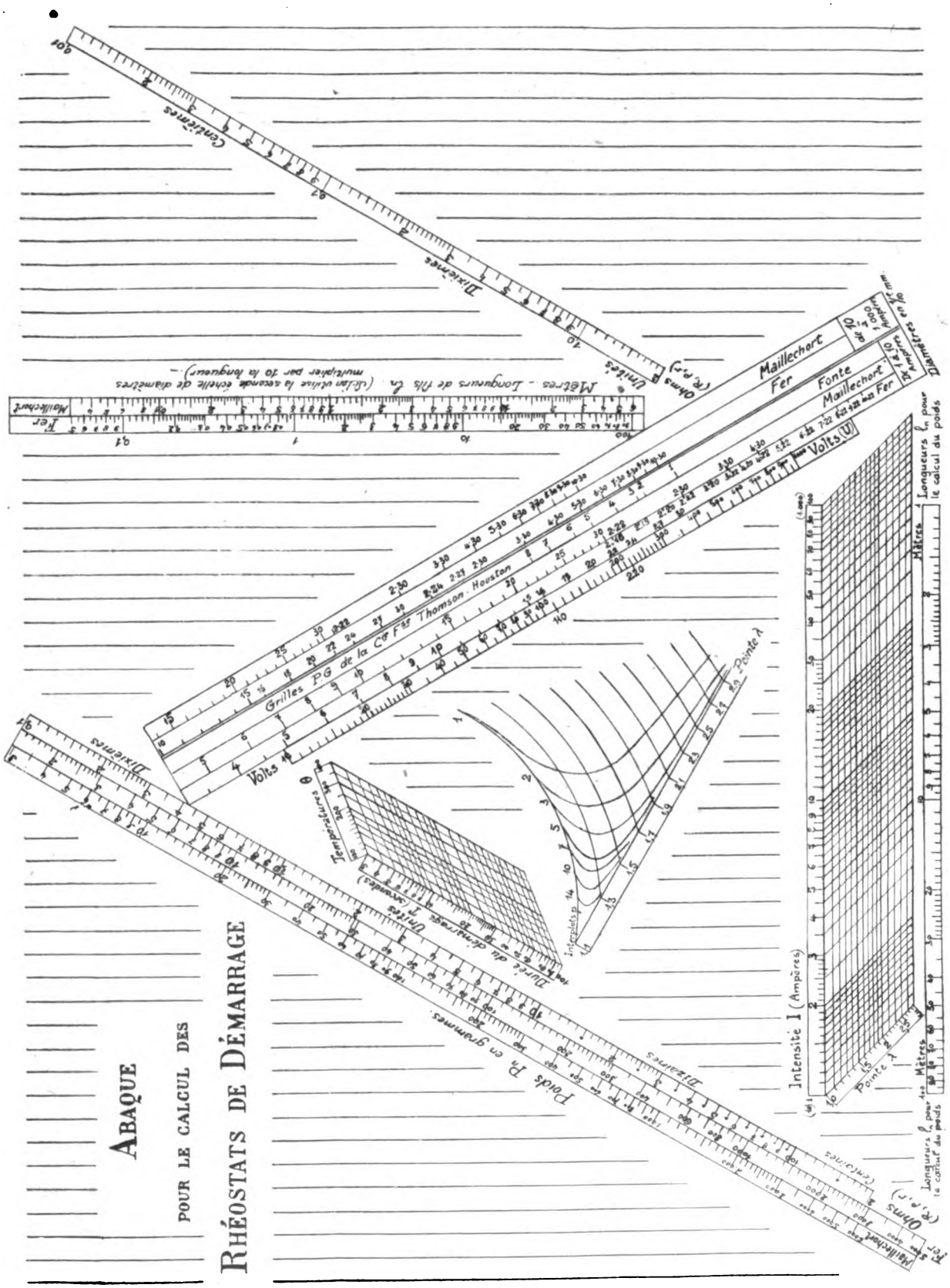
On sait de plus que la graduation du rhéostat doit être une progression géométrique depuis r jusqu'à $r + R$; les points d'intersection a, b, c... D donneront donc les valeurs de la résistance totale à chaque plot ; une différence effectuée terme à terme donnera immédiatement la résistance de chaque interplot.

On voit tout de suite la parenté *théorique* de cette méthode avec celle qui consiste à appliquer un décimètre sur la règle à calculs, mesurer la longueur CD, la diviser en p parties égales et lire la cote de chaque point de division. Notre méthode a toutefois l'avantage de supprimer absolument tout calcul (sauf p soustractions) et de donner en même temps la résistance totale R connaissant la valeur de $\frac{U}{I}$; ajoutons enfin qu'elle n'est qu'une partie, la plus simple, du problème résolu par le nomogramme.

Si d'ailleurs le rhéostat possède ϖ plots préparatoires, il conviendra, conformément à la méthode d'Erlacher, d'intercaler entre ceux-ci des résistances suivant la même progression ; il nous suffira pour cela, sans déranger le transparent, de lire les cotes d'intersection successives, des droites p + 1, p + 2..., p + ϖ avec l'échelle des résistances.

Les échelles de I et de U ont chacune 250 mm de longueur et vont
pour U de 10 à 1 000 V
pour I de 1 à 100 A.

Digitized by Google



Digitized by Google

L'échelle des résistances, de module égal, devrait donc avoir 500 mm et aller de 0,1 ω à 1 000 ω, mais, en pratique, on ne peut construire facilement de machines à forte tension et faible intensité; on a donc pu prendre la valeur 200 ω comme limite supérieure; par contre la valeur 0,1 ω est encore trop forte, car nous venons de voir que l'échelle sert, non seulement à déterminer R, mais aussi à effectuer la graduation; il est donc nécessaire de pouvoir y porter le point coté r; or la résistance d'induit ne dépasse pas en général quelques centièmes de celle du rhéostat; il a donc paru nécessaire de pousser la graduation jusqu'à 0,01 ω; comme on obtiendrait ainsi une échelle trop longue, celle-ci a été dédoublée, et une seconde échelle a été reportée dans la partie supérieure droite de l'abaque. Cette partie va de 0,01 ω à 2 ohms, l'échelle de gauche allant de 0,1 ω à 200 ohms.

Il va sans dire qu'on aurait pu également, pour limiter la longueur des échelles, effectuer la graduation en lisant, au lieu de R et r des valeurs 10^n R, $10^n r$ et $10^n r$; mais il en résulterait quelque complication pour la suite du calcul et il vaut mieux se borner à appliquer le principe des multiplicateurs correspondants.

Celui-ci trouve immédiatement son application pour les intensités supérieures à 100 A (il est rare que la tension sorte des limites 10 et 1000 v); on peut se borner, en pratique, aux multiplicateurs 10 et 10^2 pour les intensités, ce qui donne 10^{-1} et 10^{-2} comme correspondants pour les résistances; l'échelle des intensités pourra donc être considérée comme graduée, soit de 1 à 100, soit de 10 à 1 000, soit encore de 100 à 10 000.

Dans le second cas, l'échelle des résistances sera alors graduée de 0,001 ω à 20 ohms et dans le troisième, de 0,000 ω à 2 ohms.

Valeur de la pointe λ et du courant a chaque plot. — La détermination de λ est nécessaire pour la suite du calcul. Or nous remarquons que :

$$\lambda = \frac{\lambda I}{I} = \frac{\frac{U}{I}}{R + r}.$$

Il est bien facile de voir sur la figure 2 que :

$$Ca = ab = bc = \ldots = dD = l \log \lambda$$

Si donc une des droites marquées sur le transparent, numérotée n, passe au point coté 1 sur l'échelle des résistances, la droite suivante, numérotée n + 1, passera au point coté λ. En général, il n'en sera pas ainsi, mais il y aura toujours une droite très voisine du point coté 1; il suffira d'effectuer une légère translation du transparent, dans une direction quelconque non parallèle aux droites numérotées pour obtenir cette coïncidence et lire la valeur de λ.

Il peut être parfois utile, surtout si la valeur de λ est élevée, de vérifier si la valeur du courant maximum λ I est admissible pour le moteur. Pour la déterminer, il nous suffit de reprendre l'abaque sous sa forme hexagonale et d'appliquer le transparent à index, de façon que I_2 passe en I, et I_3 au point R + r précédemment déterminé; nous lisons alors sous l'index I_1 la valeur de λ I; mais ordinairement, la recherche de cette valeur n'est pas nécessaire.

Par contre, si nous utilisons un rhéostat avec plots préparatoires, il faudra déterminer l'intensité sur chacun de ces plots. Nous opérerons de même que ci-dessus, en faisant passer l'index I_3 par les points de résistance déjà déterminés.

Le transparent à droites parallèles équidistantes peut évidemment servir de même : soit à déterminer le nombre de plots nécessaires pour une pointe de courant imposée; soit à déterminer le nombre de plots préparatoires nécessaires pour que le premier appel de courant ne dépasse pas une valeur déterminée; soit à répartir dans le même but le nombre total de plots d'un type de rhéostat donné entre les crans préparatoires et les crans de démarrage et déterminer la pointe de courant λ correspondante, etc... La résolution de ces problèmes est presque évidente et ne nécessite aucun éclaircissement supplémentaire.

Nous indiquerons plus loin une autre méthode pour le calcul de λ.

Détermination des sections de conducteurs. — Nous allons maintenant aborder la seconde partie du problème en supposant que le démarrage se fait à accélération sensiblement constante. On sait que pratiquement, si le démarrage n'est pas extrêmement lent, on peut admettre que toute la chaleur dépensée dans le rhéostat est absorbée par la capacité thermique du conducteur. Dans ces conditions, si θ est l'échauffement au-dessus de la température ambiante et t la durée de passage du courant, la densité du courant ϑ est donnée par la formule

$$\vartheta = m \sqrt{\frac{\theta}{t}}, \qquad (4)$$

m étant un coefficient variant avec la nature du conducteur et dépendant de sa densité, de sa chaleur spécifique et de sa résistivité.

Voici quelques valeurs de ce coefficient, ϑ étant exprimé en A : mm² :

fil de fer	(ρ = 13 μ cm)	m = 5,39,
maillechort	(ρ = 40 »)	m = 2,89,
cuivre rouge	(ρ = 2 »)	m = 13,3,
fonte	(ρ = 90 »)	m = 2,1.

Si nous supposons le conducteur en fil rond de diamètre d_n, sa section s_n est $\frac{\pi d_n^2}{4}$; or, le courant dans un interplot varie entre λ I et I et sa valeur moyenne est $I\left(\frac{1+\lambda}{2}\right)$; nous avons donc :

$$s_n = \frac{\pi d_n^2}{4} = I \frac{(1+\lambda)}{2} \frac{1}{\vartheta} = \frac{I}{m} \frac{(1+\lambda)}{2} \sqrt{\frac{t}{\theta}} \qquad (5)$$

Digitized by Google

D'autre part, on démontre que, si T est la durée totale du démarrage, la fraction b_n de cette durée, pendant laquelle l'interplot de rang n doit rester sous courant, est donnée par la formule :

$$b_n = \frac{\lambda^p}{\lambda^p - 1} \frac{\lambda^n - 1}{\lambda^n}; \qquad (6)$$

il vient donc finalement

$$\frac{\pi d_n^2}{4} = \frac{I}{m} \frac{(1+\lambda)}{2} \sqrt{\frac{T}{\theta}} \sqrt{\frac{\lambda^p}{\lambda^p - 1} \frac{\lambda^n - 1}{\lambda^n}}; \qquad (7)$$

ou

$$2 \log d_n + \log \frac{m\pi}{4} = \log I + \log \frac{1+\lambda}{2} + \frac{1}{2} \log T - \frac{1}{2} \log \theta + \frac{1}{2} \log \frac{\lambda^p}{\lambda^p - 1} - \frac{1}{2} \log \frac{\lambda^n}{\lambda^n - 1} \qquad (7\ bis)$$

Cette équation contient huit variables, savoir : d, m, I, T, θ, p et n et peut se représenter par un abaque à double glissement et quatre échelles binaires (fig. 3) ; si

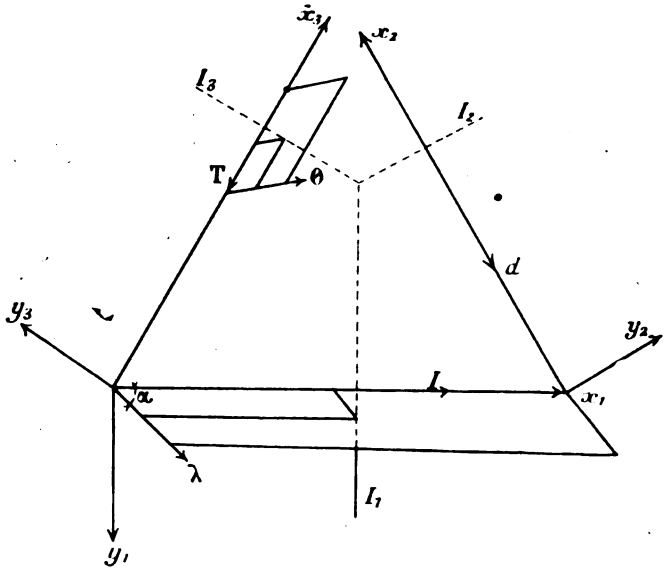


Fig. 3.

nous appelons $O_1x_1y_1$, $O_2x_2y_2$, $O_3x_3y_3$, les systèmes d'axes rectangulaires auxquels sont rapportées ces échelles, nous poserons d'abord :

$$x_1 = l \left(\log. I + \log. \frac{1+\lambda}{2} \right)$$

$$x_3 = -\frac{l}{2} (\log. T - \log. \theta)$$

$$x_2 = -l_2 \log. \sigma_2$$

La première échelle sera donnée par les systèmes de droites cotées :

$$y_1 = l_1 \log. \frac{1+\lambda}{2}$$

$$l_1 x_1 = l\, y_1 + l l_1 \log. I$$

c'est-à-dire par deux systèmes de droites parallèles ; d'une part, parallèles à l'axe des x_1, d'autre part inclinées d'un angle α, tel que :

$$tg\ \alpha = \frac{l}{l_1}$$

L'axe des x_1 est donc gradué en ampères et le module l est de 125 mm ; c'est l'échelle qui nous a servi précédemment pour la détermination de R ; la graduation en λ a été portée sur la première oblique de gauche, celle qui a pour cote $I = 1$; le module l_1 est égal à l ; cette graduation va de $\lambda = 1$ à $\lambda = 3$.

La seconde échelle binaire est donnée de même par le système de droites

$$-y_3 = l_3 \log \theta,$$

$$-l_3 x_3 = \frac{1}{2} l l_3 \log T + \frac{1}{2} l y_3.$$

On a de nouveau deux systèmes de droites parallèles, d'une part à l'axe des x_3, d'autre part inclinées ; l'axe des x_3 est gradué en secondes, de 3 à 100 ; le module est de $\frac{l}{2}$ soit 62,5 mm ; la graduation en degrés centigrades, portée sur la première droite oblique cotée $T = 3$, va de 100 à 400°, limites pratiques de l'échauffement. Son module est de $\frac{l_1}{2} = \frac{l}{2}$, c'est-à-dire de 62,5 mm. L'origine de la graduation coïncide évidemment avec le point $T = \theta = 100$, car on a alors $\log \theta - \log T = 0$.

Il est facile de voir que, dans ces conditions, σ_2 est donné par la relation :

$$l_2 \log \sigma_2 = \frac{l}{2} (\log T - \log \theta) + l \left(\log I + \log \frac{1+\lambda}{2} \right) = l \log \left[I \frac{(1+\lambda)}{2} \sqrt{\frac{T}{\theta}} \right] \qquad (8)$$

Si nous comparons cette équation avec (7) et si nous remarquons que, dans cette dernière, le dernier radical est égal à l'unité pour $p = n$, nous voyons que, en posant $l_2 = 2\ l$:

$$\sigma_2 = d_p \sqrt{\frac{m\pi}{4}}.$$

Si, pour l'instant, nous ne considérons qu'une sorte de métal, bien déterminée, le radical $\sqrt{\frac{m\pi}{4}}$ a une valeur fixe. L'échelle des x_2 pourra donc être graduée en diamètres, au module $2\ l = 250$ mm et son origine sera décalée de $l \log \frac{m\pi}{4}$.

On voit donc que, si nous appliquons le transparent sur l'abaque de façon que l'index I_1 passe au point (I, λ) et l'index I_3 au point (T, θ), l'index I_2 passera au point (d_p), c'est-à-dire donnera immédiatement la valeur du diamètre de fil à adopter pour le dernier interplot.

Digitized by Google

Ceci posé, construisons sur l'axe des x_3 une échelle binaire telle que :

$$x_3 = \frac{l}{2} \log \frac{\lambda_p}{\lambda^p - 1},$$
$$y_3 = l'_3 f(\lambda, p).$$

$f(\lambda,p)$ étant une fonction quelconque; nous obtiendrons deux systèmes de courbes cotées en p et λ.

Le diamètre d_p (σ_2) étant obtenu, comme il est dit ci-dessus, faisons glisser le transparent le long de l'axe I_2 jusqu'à ce que l'index I_3 passe au point coté (p, λ); l'index I_1 passera alors par un point dont la cote serait :

$$l_4 \log \sigma_4 = -2l \log \sigma_2 - \frac{l}{2} \log \frac{\lambda^p}{\lambda^p - 1}.$$

D'autre part, n, numéro de l'interplot considéré, prend toutes les valeurs de 1 à p; prenons, par exemple, $n = p - 1$; faisons glisser le transparent verticalement, le long de l'index I_4, de façon que l'index I_3 rencontre le système de courbes (p,λ) au point $(p-1,\lambda)$, l'index I_2 passe alors par un point tel que :

$$-l_6 \log \sigma_6 = \frac{l}{2} \log \frac{\lambda^{p-1}}{\lambda^{p-1} - 1} - l_4 \log \sigma_4$$
$$= -\frac{l}{2} \left[\log \frac{\lambda^p}{\lambda^p - 1} - \log \frac{\lambda^{p-1}}{\lambda^{p-1} - 1} \right] - 2l \log \sigma_2,$$

si nous faisons $l_6 = l_2 = 2l$ nous voyons que :

$$\sigma_6 = d_{p-1} \sqrt{\frac{m\pi}{4}}.$$

Nous lisons donc sur l'échelle des diamètres déjà tracée sur l'axe x_2 la valeur de d_{p-1}; il est évident que, en opérant un nouveau glissement vertical tel que l'index I_3 rencontre le point $(p-2,\lambda)$, l'index I_2 rencontrera l'échelle des diamètres au point d_{p-2}; il nous suffira donc de faire glisser progressivement de façon analogue le transparent pour obtenir les diamètres de fil à adopter pour les différents interplots :

$$p - 2,\ p - 3,\ \ldots,\ 2,1.$$

Nous avons supposé dans tout ceci que la valeur de m était fixe; si m est variable, il est évidemment possible de remplacer l'échelle des d par une échelle binaire (d,m) qui sera alors applicable à tous les métaux; en pratique, il n'y a pas lieu d'opérer ainsi parce que les ateliers de construction se limitent toujours à l'emploi de deux ou trois métaux ou alliages bien déterminés, rarement plus; dès lors, il y a avantage à construire, l'une au-dessus de l'autre, deux ou trois échelles simples correspondant chacune à un métal donné. Ces échelles ne diffèrent d'ailleurs que par la position de l'origine $l \log \sqrt{\frac{m\pi}{4}}$, bien facile à calculer dès qu'on connaît m.

L'abaque joint à la présente étude a été construit avec les échelles du fer $(m = 5{,}39)$ et du maillechort $(m = 2{,}89)$.

Il va sans dire que, si, au lieu de fil rond, on utilise des conducteurs de forme différente, on pourra graduer les échelles, non plus en diamètres, mais en sections; le module deviendra alors moitié. On peut aussi les adapter à un genre de conducteurs bien déterminé (par exemple de la bande de largeur fixe et d'épaisseur variable) et graduer l'abaque en épaisseurs de bande.

Il est également possible d'utiliser cette échelle pour les grilles de fonte. Chaque atelier ayant ses modèles numérotés, il suffira de porter sur l'abaque, au point correspondant à la section de chaque type de grille, le numéro de ce dernier. C'est ainsi que nous avons, à titre d'exemple, figuré sur notre abaque les grilles de la série P G de la Compagnie française Thomson-Houston. La graduation ne porte alors que des numéros de référence correspondant pour l'atelier de construction à des modèles bien déterminés.

Revenons aux fils cylindriques; on sait que, dans la pratique, il est difficile de dépasser le diamètre de 30/10, les gros fils se travaillant mal; nous avons donc porté, sur la graduation, l'indication du nombre de fils à mettre en parallèle, ne dépassant pas 30/10. Une autre échelle porte une graduation limitée au diamètre 22/10.

Il y a lieu d'observer ici que les multiplicateurs correspondants sur l'échelle des intensités et sur celle des diamètres sont respectivement 10^{2n} et 10^n; mais cette remarque n'a pas d'utilité pratique, puisqu'elle conduirait à indiquer des diamètres de fils trop gros. Nous avons donc simplement doublé chaque échelle de diamètre, la première s'appliquant aux intensités de 1 à 100 A, la seconde aux courants compris entre 10 et 1000 A. Ces deux échelles sont semblables, mais décalées de $\frac{2l}{2}$ soit 125 mm; le nombre d'échelles de diamètres est donc de 4 en tout non compris l'échelle des grilles de fonte, mise ici seulement à titre d'exemple.

***

Nous avons laissé de côté jusqu'ici la détermination des courbes en (λ, p), en indiquant seulement qu'on pouvait prendre :

$$x_3 = \frac{l}{2} \log \frac{\lambda^p}{\lambda^p - 1},$$
$$y_3 = l'_3 f(\lambda, p),$$

cette dernière fonction étant arbitraire; l'idée la plus simple est évidemment de porter $y_3 = l'_3 \lambda$ ou $y_3 = l'_3 f(\lambda)$, ce qui donnerait pour λ un système de droites parallèles; il suffit de jeter un coup d'œil sur la planche pour comprendre qu'un tel système manquerait de clarté; pour les valeurs élevées de p, la fraction $\frac{\lambda^p}{\lambda^p - 1}$ est toujours très voisine de l'unité et les courbes en p viendraient les unes sur les autres, d'au-

Digitized by Google

tant plus que le module des abscisses x_3 est de 62,5 mm, c'est-à-dire très petit ; pour éviter cet inconvénient, nous avons eu recours à une anamorphose purement graphique ; après quelques tâtonnements, nous avons adopté comme courbes en λ un système de circonférences concentriques dont le centre est :

$$y_3 = 23 \text{ mm}, \quad x_3 = 89 \text{ mm},$$

et dont le rayon est donné par $r_{mm} = 39 + 50\,\lambda$.

Les courbes p ont été calculées et tracées par points dans ce système ; la planche montre qu'on obtient par ce procédé un écartement des courbes suffisant pour que la clarté du dessin soit satisfaisante.

Résumé. — *Pour déterminer les diamètres de fil à chaque interplot, appliquer le transparent de façon que l'index I_1 passe par le point coté I, λ_1 et l'index I_3 par le point $T, 0$; l'index I_2 donnera directement, sur l'échelle convenable, le diamètre d_p pour le dernier interplot.*

Faire glisser ensuite le transparent le long de l'index I_2 de façon que celui-ci passant toujours au point d_p, l'index I_3 passe par le point p, λ : opérer ensuite un glissement vertical de façon que l'index I_3 passe successivement par les points $\lambda, p-1$, $\lambda, p-2$, $\lambda, 1$; à chacune de ces positions, l'index I_2 donnera le diamètre $d_{p-1}, d_{p-2}, d_2, d_1$ cherché.

Remarques. — 1° Pour faciliter le glissement du transparent en conservant son orientation, on peut utiliser les droites équidistantes ayant servi à la graduation de la résistance. Ces droites ont un écartement de 9 mm ; l'abaque porte également dans les espaces libres des droites parallèles convenablement orientées et distantes de 10 mm ; grâce à cette disposition, dont nous devons l'idée à M. Estragnat, il existe toujours sur l'abaque et sur le transparent deux droites parallèles dont la distance est inférieure à 0,5 mm et dont on peut apprécier la position et le parallélisme avec une grande exactitude.

2° On peut utiliser l'échelle binaire I, λ pour la détermination de la pointe λ en évitant la translation du transparent indiquée page 686. Pour cela, appliquons le transparent de façon que l'index I_2 passe au point (U sur l'échelle des volts et l'index I_3 au point (R + r) sur l'échelle des ohms. L'index I_1 coupe évidemment l'échelle x_1 en un point tel que :

$$x_1 = l \log \lambda\, I = l\,(\log I + \log \lambda).$$

Suivons sur l'échelle binaire l'oblique cotée I jusqu'en son point d'intersection avec l'index I_1 et lisons la cote λ' de l'horizontale passant en ce point ; nous avons évidemment :

$$l\left(\log I + \log \frac{1+\lambda'}{2}\right) = l\,(\log I + \log \lambda),$$

d'où :

$$\frac{1+\lambda'}{2} = \lambda.$$

On passe donc de la valeur λ' lue à la valeur réelle λ par un calcul de tête bien facile.

Longueurs et poids de conducteurs. — Il nous reste, pour terminer le calcul du démarreur, à connaître les longueurs et poids de conducteurs ; cette dernière partie du problème est simple.

Nous avons évidemment, pour la longueur l_n du fil d'un interplot, la relation :

$$r_n = \frac{\rho\, l_n}{\frac{\pi\, d_n^2}{4}}$$

d'où :

$$\log l_n + \log \rho = \log r_n + \log \frac{\pi}{4} + 2 \log d_n,$$

Or, notre abaque comporte déjà les échelles :

$$x_2 = -2\,l \log d_n - l\,(\log \frac{\pi}{4} + \log m)$$

$$x_3 = -l \log r_n.$$

La somme de ces deux fonctions ne se trouve pas sur l'axe x_1, mais suivant une échelle perpendiculaire y_1, verticale par conséquent ; on sait qu'on a alors (fig. 4) :

$$2\, y_1 \cos \alpha = x_2 + x_3 = y_1 \sqrt{3}.$$

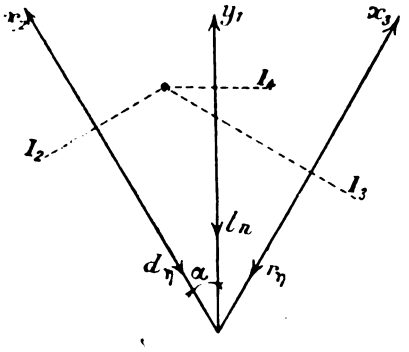


Fig. 4.

Nous avons donc :

$$y = -\frac{l}{\sqrt{3}}\left(2 \log d_n + \log \frac{\pi}{4} + \log m + \log r_n\right)$$

$$= -\frac{l}{\sqrt{3}} \log l_n + \log \rho + \log m).$$

La droite y_1 est graduée en longueurs, au module $\frac{l}{\sqrt{3}}$, c'est-à-dire $\frac{125}{1,732} = 72,1$ mm ; elle est décalée de la quantité $\frac{l}{\sqrt{3}} \log m$ 2, c'est-à-dire qu'elle varie avec la nature

Digitized by Google

du métal; nous devons donc porter sur y_1 autant d'échelles accolées qu'il en figure déjà sur l'axe des d, chacune se référant à un métal déterminé. Toutefois, nous avons vu que les échelles des diamètres étaient doublées pour chaque métal, l'une servant de 1 à 100 A, la seconde de 10 à 1 000. Ces échelles étaient décalées de $l = 125$ mm; il est facile de voir qu'elles donnent ainsi sur l'axe des longueurs l_n des échelles décalées de $\frac{l}{\sqrt{3}} = 72{,}1$; il est donc inutile de doubler ces dernières, les cotes dans le second cas étant égales aux cotes du premier multipliées par 10. Sur notre abaque, il n'existe en tout que deux échelles de longueurs accolées.

Bien entendu, s'il y a plusieurs fils en parallèle, on obtient sur chacune de ces échelles la longueur de chaque fil et non la longueur totale.

Pour utiliser le transparent, il est nécessaire d'avoir recours à un quatrième index I_4 perpendiculaire à l'index I_1; pour éviter toute erreur, il est bon de tracer cet index d'une manière particulière, en rouge par exemple.

Nous avons enfin à calculer le poids du fil de chaque diamètre; ce poids est évidemment :

$$P_n = \frac{\pi d_n^2}{4} \delta l_n,$$

δ étant la densité du métal employé; nous avons bien déjà une échelle de diamètres et une échelle de longueurs, mais elles ne sont pas aux modules correspondants et, de plus, leurs sens sur les axes conduiraient à un angle au sommet des échelles de 15°. Force nous est donc d'utiliser au moins une autre échelle; nous avons conservé celle des diamètres, c'est-à-dire :

$$x_2 = -2l \log d_n - l\left(\log \frac{\pi}{4} + \log m\right),$$

et nous avons pris une nouvelle échelle de longueur sur l'axe x_1 telle que :

$$x_1 = -l \log l_n,$$

d'où :

$$x_3 = x_1 + x_2 = -l\left(\log l_n + 2 \log d_n + \log \frac{\pi}{4} + \log m\right)$$
$$= -l\left(\log P_n - \log \frac{\delta}{m}\right);$$

les échelles de poids sont donc au module $l = 125$ mm et sont décalées de $l \log \frac{\delta}{m}$, c'est-à-dire qu'il faut autant d'échelles parallèles que sur l'axe des d.

Toutefois, l'observation faite à propos de l'échelle donnant les longueurs au sujet des multiplicateurs correspondants trouve à nouveau son application. Les deux échelles correspondantes de diamètre, décalées de $l = 125$ mm, donnent, sur l'axe des poids, des échelles décalées de 125 mm; il suffit donc, si l'on utilise la seconde échelle de diamètres, de multiplier par 10 le résultat obtenu.

On voit qu'il est nécessaire de reporter les longueurs l_n de l'axe y_1 à l'axe x_1; cette nécessité peut être considérée comme un inconvénient, mais en réalité ce défaut est plus apparent que réel; en effet, ce qui importe pour établir la spécification d'atelier, c'est le poids total par rhéostat d'un fil de diamètre donné pour tous les interplots qui l'utilisent; on se trouve donc amené à faire la somme des longueurs unitaires des fils de chaque section; dès lors, il importe peu de reporter cette somme sur un axe ou sur l'autre pour en calculer le poids.

Emploi de l'abaque. — 1° *Dans le cas d'un rhéostat de moteur compound.* — Le diagramme de démarrage en moteur shunt est basé sur la proportionnalité de la force contre-électromotrice du moteur à sa vitesse; en compound, il n'en est plus ainsi par suite de l'influence de la variation d'intensité sur le flux. Mais, sauf au cas où le compoundage est tout à fait prépondérant et où la caractéristique du moteur se rapproche d'une caractéristique série — auquel cas notre méthode devient inapplicable — on pourra utiliser l'abaque précédent en substituant à la résistance r du circuit induit une résistance fictive r', telle que, si ω_1 est la vitesse de rotation au courant I_1, et ω_2 la vitesse au courant I_2 on ait :

$$\omega_1 = K\,(U - r'I_1)$$
$$\omega_2 = K\,(U - r'I_2)$$

avec :

$$\omega = K\,U$$

la vitesse ω se détermine facilement (fig. 5) et on choi-

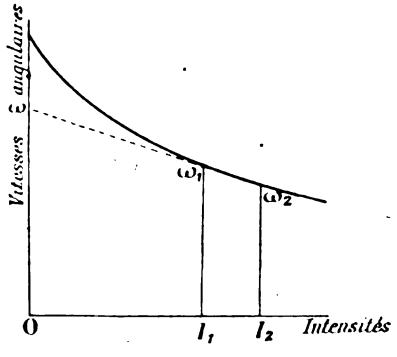


Fig. 5.

sira I_2 au jugé, voisin de λI; si d'ailleurs cette partie de la courbe est sensiblement rectiligne, le résultat sera indépendant de la valeur I_2 choisie.

2° *Dans le cas d'un rhéostat de moteur asynchrone.* — Il n'y a aucune modification à apporter aux calculs qui précèdent, étant bien entendu que tout doit être ramené à une seule phase du rotor : r, U et I.

P. Poitrimol,
Ingénieur E. P. C.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

Le labourage électrique

La main-d'œuvre agricole sera très rare après la guerre, les paysans formant la classe de la société qui aura subi le plus de pertes et beaucoup d'entre eux étant attirés dans les usines par les gros salaires. Mais il est incontestable que, malgré tout, il faudra intensifier la production agricole et, pour cela, on sera forcé d'avoir recours à la culture mécanique, qui diminuera la main-d'œuvre et augmentera le rendement des terres en permettant un labourage plus profond. L'auteur, dans l'article qui suit, étudie les différents types de labourages mécaniques et, en particulier, le labourage électrique dont il montre tous les avantages.

Le manque de main-d'œuvre qui se fait de plus en plus durement sentir et la nécessité d'améliorer et d'intensifier le rendement de la terre, devaient fatalement conduire à une industrialisation de l'agriculture. Aussi, avons-nous assisté, depuis le début de la guerre, à des essais de plus en plus nombreux, puis à des applications pratiques tentées sur une vaste échelle, de culture mécanique. Cette question, qui était encore à l'état embryonnaire il y a trois ans, approche rapidement de la solution complète ; les agriculteurs sont enfin parvenus à vaincre leur répugnance innée pour tout ce qui conduit au machinisme et ils ne tarderont pas à rattraper le temps perdu.

M. Lecler a montré (1) quels espoirs nous pouvions fonder sur l'application de l'électricité au labourage ; je n'ai donc pas à revenir sur ce point ni à démontrer à nouveau les avantages du labourage par treuils ; je suis entièrement de son avis : qu'il ne faut pas demander aux tracteurs d'assurer les labours profonds auxquels on aura de plus en plus recours et que l'on pratiquera, en outre, d'autant plus qu'on disposera des moyens de les réaliser économiquement.

Mais, si les tracteurs ont donné déjà des résultats probants, si le labourage par treuils à vapeur est depuis longtemps au point, il faut bien avouer qu'il n'en paraît pas être tout à fait de même du labourage électrique. Dans le même article, déjà cité, M. Lecler a rappelé, en effet, que les Allemands eux-mêmes ont éprouvé pas mal de déboires et qu'après avoir fait de sérieux efforts, ils ont, sinon complètement abandonné cette application, tout au moins renoncé à lui donner les développements qu'on aurait pu croire. Ceci doit donner à réfléchir à ceux qui connaissent l'esprit de méthode et de persévérance de nos ennemis.

S'engager dans des essais irréfléchis, avec un matériel de fortune, en ne s'entourant pas de toutes les compétences nécessaires, conduirait à des échecs qui, au lieu de faire avancer la solution du problème, ne pourraient que le compromettre, peut-être à tout jamais.

Je n'ai certes pas l'outrecuidance de vouloir donner ici des conseils aux membres éminents de notre corporation qui se sont mis déjà à l'œuvre, mais estimant que les recherches de tous conduiront à un résultat heureux, j'ai pensé qu'il pourrait être intéressant de rappeler ce qui avait été fait jusqu'ici, tant il est vrai que les leçons du passé sont encore les meilleurs guides de l'avenir.

D'autre part, un problème posé d'une façon nette et précise est déjà à moitié résolu. Examinons donc successivement dans quelles conditions se présente la question à résoudre et comment on a jusqu'ici tenté de la solutionner.

VALEUR DE LA PUISSANCE NÉCESSAIRE A LA TRACTION. — Tout se ramenant en somme à exercer un effort de traction sur un outil appelé charrue, voyons d'abord quelle est la valeur de cet effort.

On conçoit qu'il soit proportionnel à la largeur et à la profondeur du labour et que, par suite, on puisse considérer un effort spécifique évalué en *kilogrammes par décimètre carré de section de labour ;* mais on admet bien, d'autre part, qu'il soit variable avec la nature du sol, son état, les façons culturales précédemment données, etc.

Une série d'essais au dynamomètre faits avec des « brabants doubles » a permis à M. Ringelmann de déterminer les valeurs suivantes pour l'effort spécifique.

Terres légères.....	36 à 40	kg : dm²
Terres fortes.....	55 à 60	Id.
Luzerne de 4 ans.....	87	Id.
Landes	63	Id.

A quelle puissance de moteur cela conduit-il ?... Il est facile de le déterminer. Soit l la largeur de la « raie », p sa profondeur, k un coefficient déterminé par la nature du sol, v la vitesse d'avancement de la charrue, on aura pour la puissance nécessaire à la traction :

$$P = k.l.p.v.$$

Cette formule fondamentale montre que pour labourer, à une même profondeur, une superficie donnée dans un temps donné, on a en apparence le choix entre deux moyens :

1° Une charrue labourant une grande surface à vitesse réduite ;

(1) Voir la *Revue générale de l'Electricité*, du 20 janvier 1917, t. I, 107-112.

Digitized by Google

2° Une charrue menant une raie étroite avec un avancement rapide.

Mais, dans la pratique, on constate que la première solution conduit à des outils lourds, donc coûteux d'achat, encombrants, difficiles à déplacer et que la seconde est limitée par la nécessité de pouvoir diriger la charrue et la maintenir dans une direction toujours la même, c'est-à dire rectiligne, en évitant ce qu'en terme de métier, on appelle des « veaux ». On ne peut guère dépasser 2 m : sec, et l'on a reconnu que la meilleure vitesse d'avancement était comprise entre 1,30 m et 1,40 m : sec (soit 4,700 km à 5 km : h).

Cela posé, supposons, à titre d'exemple, qu'il s'agisse d'un labour de 30 cm de profondeur (le plus fréquent dans les régions de grande culture où l'on fait de la betterave), que la charrue polysoc mène 0,90 m de largeur et qu'il s'agisse de terres fortes ; nous aurons : $k = 60$, $l = 9$, $p = 3$, $v = 1{,}40$ m : sec d'où : $P = 2\,268$ kgm : sec, soit : $\frac{2\,268}{75} = 30$ ch. Ceci admet un rendement théorique idéal ; en réalité, il y a des déperditions et il faut tenir compte des à-coups résultant de racines, grosses pierres, etc., qui peuvent par instants doubler l'effort de traction. Aussi serait-il prudent de compter sur une puissance réelle au treuil de 60 ch.

En pratique, la puissance des moteurs de treuils électriques varient de 75 à 90 ou même 100 ch.

Avec un treuil de 60 ch, on peut donc labourer à l'heure, avec une vitesse d'avancement de 1,40 m : sec, une surface

$0{,}90 \text{ m} \times 1{,}40 \text{ m} \times 3\,600 = 4\,500 \text{ m}^2 = 0{,}45$ hectare.

En 12 heures (durée ordinaire pour le travail aux champs), on labourerait donc théoriquement 5,40 hectares, mais l'utilisation du matériel ne dépasse jamais 0,65, ce qui revient à dire qu'il ne travaille utilement que les 2/3 environ du temps ; en pratique, on ne devrait donc compter que sur $0{,}65 \times 5{,}4 = 3{,}50$ hectares.

Avec un treuil plus puissant de 90 à 100 ch on arriverait à 5 et même 6 hectares. Mais nous verrons plus loin qu'il y a un écueil dans l'augmentation de puissance des treuils, écueil provenant du poids ; les recherches doivent au contraire être dirigées dans l'obtention de matériels aussi légers que possible.

Les systèmes de traction. — Quelle que soit la force motrice utilisée, on peut employer pour faire avancer la charrue : 1° des tracteurs ; 2° des treuils.

Les tracteurs et les charrues automobiles, d'une façon générale, présentent le grave inconvénient d'absorber une grande partie de l'énergie qu'on leur fournit à se mouvoir sur un sol ameublé qui constitue le plus mauvais chemin de roulement qu'on puisse imaginer ; cette dépense, faite en pure perte, peut atteindre 60 pour 100. D'autre part, leur effort utile de traction est diminué par suite des difficultés d'adhérence au sol et M. Ringelmann a indiqué qu'il peut varier de 1 à 3,6. Il semble qu'il y ait lieu de se réserver quant à présent, mais non d'écarter ce système a priori, car une solution élégante, si non heureuse, en ses résultats, a déjà été donnée dans le système Zimmermann dont nous disons quelques mots plus loin.

Les treuils constituent incontestablement, à l'heure actuelle, pour les labours profonds, tout au moins, le système qui réunit le plus de partisans, grâce aux perfectionnements que lui a apportés le maître en labourage mécanique : Fowler. Deux méthodes sont possibles : celle utilisant un seul treuil, et celle utilisant deux treuils.

Dans la première méthode, le treuil unique se déplace le long de la fourrière de la pièce au fur et à mesure de l'avancement du travail (fig. 1) ; à l'autre extrémité du

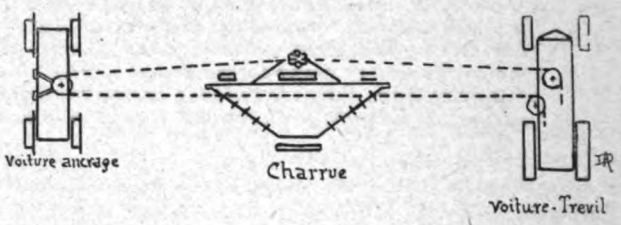


Fig. 1. — Labourage avec un seul treuil.

champ est disposée une poulie de renvoi fixée à un chariot d'ancrage. Le câble part du treuil, s'attache à la charrue, passe sur la poulie de renvoi et revient au treuil. Ce dernier est à double tambour et chacun des tambours peut être, grâce à un embrayage, commandé par le moteur, tandis que l'autre est fou sur son axe ; le tambour commandé par le moteur tire sur le câble, donc sur la charrue, l'autre laisse se dérouler le câble. Quand on est arrivé au bout de la raie, on balance la charrue (qui est toujours du type polysoc à bascule (fig. 2), on débraye

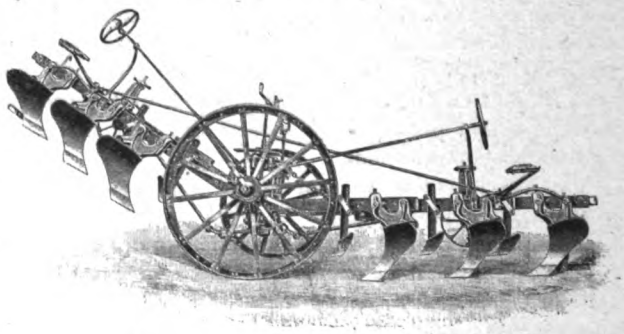


Fig. 2. — Charrue trisoc à bascule.

le premier tambour pour embrayer le second et on continue. On voit immédiatement que, lorsque la charrue avance vers le treuil, celui-ci la tire directement et qu'au contraire, lorsqu'elle s'éloigne, la traction se fait par l'intermédiaire de la poulie de renvoi du chariot d'ancrage.

Dans la seconde méthode, on utilise deux treuils, placés chacun à l'une des extrémités opposées du champ (fig. 3) et tirant alternativement sur un câble unique attaché à une charrue à bascule du même type que dans le cas précédent.

Digitized by Google

Quels sont les avantages et les inconvénients de ces deux systèmes ?

Le système à treuil unique a un immense avantage : le capital engagé est près de moitié moins élevé. De plus, il ne nécessite qu'une seule ligne pour son alimentation en énergie électrique, d'où diminution, de ce fait encore, des frais de premier établissement. Par contre, il demande plus de temps pour la mise en chantier, le

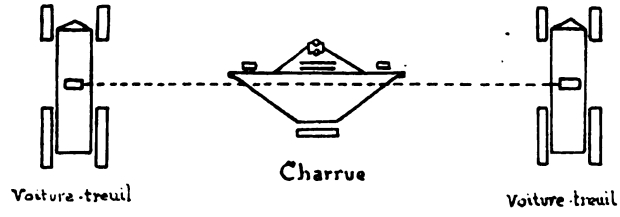


Fig. 3. — Labourage avec deux treuils.

câble tracteur a une longueur double, d'où frais d'usure plus élevés, l'ancrage de la poulie de renvoi est délicat à bien réaliser et surtout — c'est là son plus grave défaut — il n'est applicable qu'en terrain plat, car il est indispensable que le conducteur du travail puisse voir continuellement la charrue et les signaux de l'homme qui la dirige pour effectuer les changements de marche.

Le système à deux treuils exige une mise de fonds plus importante, à cause de l'achat de deux treuils au lieu d'un seul ; mais il est d'une mise en chantier plus rapide, il permet d'atteindre couramment des rayages de 600 m et plus, et, enfin, il fonctionne même en terrains accidentés, même par brouillards, etc... Aussi, est-ce le plus couramment employé dans tous les labourages par treuil, à vapeur comme électriques.

Les tracteurs. — Malgré leurs inconvénients provenant des difficultés d'adhérence sur le sol ; malgré le mauvais rendement qui en résulte souvent, il n'est pas possible d'éliminer sans discussion les tracteurs et les charrues automobiles ; les résultats déjà obtenus avec les tracteurs à essence, benzol, etc... le démontrent surabondamment et le seul fait qu'ils ne peuvent prétendre aux grands efforts de traction qu'exigent les labours profonds ne prouve nullement qu'ils ne peuvent être appliqués à d'autres travaux similaires comme les déchaumages, labours ordinaires de 15 à 18 cm, hersages, etc.

A la vérité, un seul essai sérieux a été tenté dans cette voie par la maison Zimmermann, de Halle-sur-Saale (Allemagne), voici une douzaine d'années ; il est indispensable, ne serait-ce qu'à titre de documentation, de décrire sommairement cette machine d'ailleurs assez curieuse.

La charrue C (fig. 4), était du type « à balance », analogue à celle de la figure 2 et recevait le courant par un câble fortement isolé L supporté par des chariots V, V^1 espacés l'un de l'autre d'une quarantaine de mètres et qu'un manœuvre ou même un enfant faisait mouvoir. Elle se halait — et c'est là ce qui faisait son originalité et son intérêt — sur une chaîne A B (fixée aux deux extrémités du champ), grâce à une roue de noix analogue à celle des toueurs et commandée par le moteur

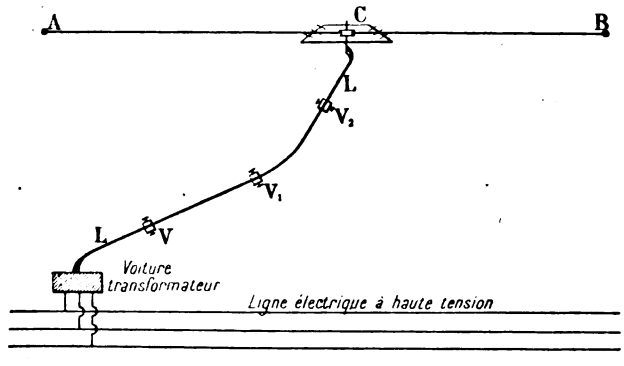


Fig. 4. — Installation de labourage système Zimmermann.

électrique placé sur la charrue même. A chaque bout de raie, un commutateur permettait, après avoir balancé la charrue, de changer le sens du courant et par suite le sens de rotation du moteur.

La chaîne étant déjà assez lourde (en moyenne 5 à 600 gr par mètre), il suffisait de l'amarrer à chaque bout sur une ancre légère ne pesant que 35 à 40 kg et qu'un homme muni d'un levier pouvait ainsi facilement déplacer.

Le rendement industriel de cette charrue, qui a servi à d'assez nombreuses expériences, dépassait 50 pour 100 et ne nécessitait qu'une puissance de 15 à 20 ch ; son prix avec 250 m de chaîne de touage, les deux ancres, six chariots et 600 m de câble conducteur variait de 9 000 à 15 000 fr, selon la force, alors que les treuils à vapeur Fowler nécessitent une dépense cinq à dix fois plus élevée. Le prix de revient, pour un labour profond de 0,35 m avec le kilowatt-heure à 0,19 fr, était de 25 fr par hectare.

Cette chaîne-toueuse présentait l'avantage de rendre le conducteur entièrement maître de sa machine, de pouvoir, par suite, travailler par les temps de brouillard, voire la nuit ; le matériel était léger, peu coûteux, facile à transporter et ne nécessitait qu'un moteur de puissance relativement faible. Elle fut introduite en France par M. Maguin, de Charmes, avec divers perfectionnements concernant l'amenée de courant qui se faisait non plus avec un câble souple, mais au moyen d'une ligne rigide d'un type caténaire très spécial, sur laquelle la charrue prenait du courant par des frotteurs.

Pourquoi la charrue Zimmermann qui paraissait avoir tant d'avantages n'eut-elle pas plus de succès ? Peut-être parce que les applications agricoles de l'électricité étaient à cette époque regardées d'un œil encore méfiant, parce que les distributions publiques étaient trop insuffisamment développées et que la nécessité de faire son courant soi-même paraissait constituer une complication, surtout pour l'agriculteur qui n'est pas mécanicien par tempérament. Toujours est-il qu'on ne continua pas sa mise au point, qu'on ne chercha pas à remédier

Digitized by Google

aux inconvénients provenant de l'allongement de la chaîne de touage et à perfectionner l'amenée de courant à la charrue, et qu'elle fut délaissée.

Il y a là une idée à reprendre.

Les treuils. — Au premier abord, il apparaît comme très facile — tout au moins pour un constructeur quelque peu spécialiste — de réaliser un treuil électrique, puisqu'il suffit, en somme, d'installer sur un châssis ou un bâti quelconque, un treuil que l'on commande ensuite au moyen d'une courroie ou d'engrenages par un moteur électrique. Mais la pratique a montré que le problème à résoudre était en réalité plus complexe et les nombreux essais infructueux qui se sont succédés depuis les débuts du labourage électrique en 1879 à la ferme de Sermaize en sont la meilleure preuve. Ce n'est guère qu'à partir de 1894, en effet, que l'on parvint à construire des treuils vraiment pratiques; les maisons allemandes Eckert, Siemens, A. E. G., etc., les maisons italiennes comme la Société Electrotechnique de Turin ou Morelli, et enfin les constructeurs français comme Jeumont ou Fillet, ont poussé l'étude du treuil électrique à un degré de perfection tel qu'il est possible de dire — et nous reviendrons sur ce point — que si le labourage électrique n'a pas encore pris d'essor chez nous, la faute en est surtout au défaut d'entente entre constructeurs et secteurs, et au manque d'initiative des groupements agricoles, qui n'ont pas permis de mettre au point ce système de labourage dans son ensemble, c'est-à-dire son organisation au point de vue technique et financier.

Voyons donc, ce qui, à l'heure actuelle, existe de mieux comme treuils, en laissant volontairement de côté les modèles anciens, abandonnés parce que remplacés par d'autres basés sur des principes analogues, mais ayant profité des perfectionnements que la pratique indiqua. Deux types ont fait leurs preuves : les treuils Siemens et Fillet; un troisième, créé quelques mois seulement avant la guerre n'a guère reçu d'applications, mais la Société qui le construit a derrière elle un passé et une expérience qui font bien augurer des essais auxquels il va être soumis; je veux faire allusion au treuil de la Société de Constructions du Nord et de l'Est (Jeumont).

Treuils Siemens. — Ce furent les premiers treuils qui donnèrent vraiment satisfaction; ils sont surtout utilisés en Allemagne et en Espagne.

Il en existe deux modèles : celui destiné à fonctionner seul avec un chariot d'ancrage à l'autre extrémité du champ, et celui destiné à fonctionner en paire.

Le premier ne diffère d'ailleurs du second qu'en ce qu'il possède deux tambours d'enroulement du câble tracteur, commandé alternativement par le même moteur grâce à un inverseur, de plus ses roues arrière sont un peu plus grandes. Voici d'ailleurs les caractéristiques principales de ces treuils (Tableau I).

Tableau I.

CARACTÉRISTIQUES	SYSTÈME A TREUIL UNIQUE	SYSTÈME A 2 TREUILS
Dimensions de la voiture...	m m 6,40×2,60	m m 6,60×2,60
Dimensions des roues avant.	1,30×0,35	1,30×0,35
Dimensions des roues arrière.....	2,30×0,50	1,80×0,50

Le treuil (fig. 5) consiste en un solide bâti métallique sur lequel sont installés :

1° Un moteur électrique de 60 à 90 ch, avec ses appareils de démarrage et de couplage. Ce moteur est du type blindé de manière à ne pas craindre les intempéries; cela a permis de protéger la voiture-treuil par un simple

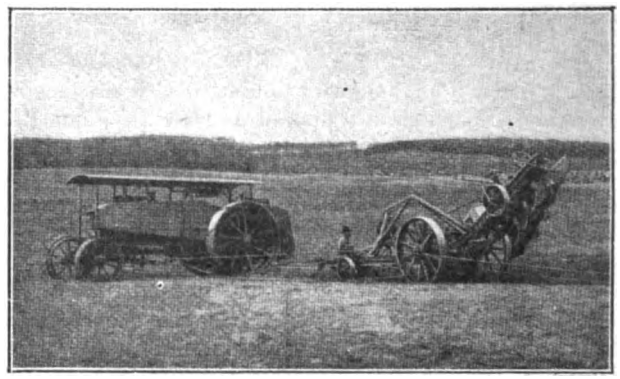


Fig. 5. — Treuil Siemens et sa charrue.

toit laissant la vue complètement libre sur les côtés, ce qui est indispensable;

2° Un treuil ordinaire dont le ou les tambours peuvent enrouler 400 à 500 m de câble d'acier, et qui permet d'obtenir deux vitesses d'avancement 1,10 m et 1,60 m : sec (correspond respectivement à 4 et 5,800 km : h). Il est disposé pour que la traction se fasse perpendiculairement à l'axe longitudinal de la voiture;

3° Un train d'engrenages qui peut être accouplé soit au treuil, soit aux roues arrière de la voiture, de façon à permettre le déplacement le long de la fourrière et au besoin de tourner sur de très petits rayons, sans craindre l'enrayage dans les endroits difficiles.

Le démarrage du moteur se fait au moyen d'un contrôleur analogue à celui des tramways; la sécurité est assurée par un disjoncteur à maxima et minima dans l'huile.

L'accouplement entre le moteur et le treuil est fait au moyen d'une courroie, enfermée dans un carter, et qui joue le rôle d'amortisseur lorsque la charrue rencontre de grosses pierres, des racines, etc. (1). L'effort de traction est de 4 000 kg.

(1) En outre, ce dispositif offre l'avantage de permettre l'utilisation du moteur, sans modification, à la commande de batteuses, transmission, etc., à la ferme, lorsque la saison des labours est terminée.

Digitized by Google

La voiture d'ancrage dans le cas du treuil unique ne présente rien de très particulier, sauf que son poids réduit, 4 t, a obligé à la munir de roues de disques

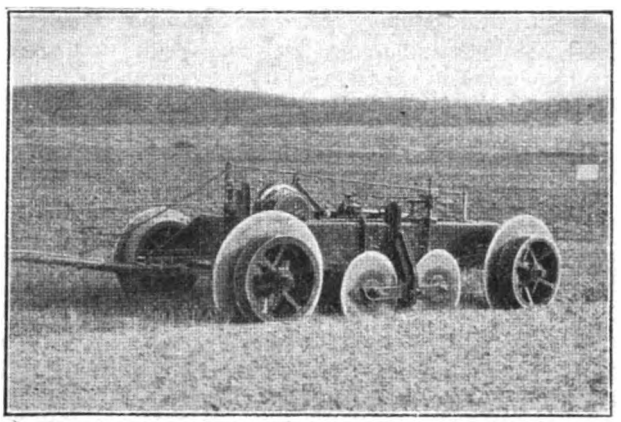


Fig. 6. — Chariot d'ancrage Siemens.

minces qui en s'enfonçant dans le sol s'opposent au ripage (fig. 6). Elle se déplace automatiquement au fur et à mesure de l'avancement du travail.

Le seul reproche — et il n'est malheureusement pas négligeable — que l'on puisse faire au treuil Siemens, c'est son poids, 13 t, qui rend les déplacements d'une pièce à une autre souvent fort pénibles et difficultueux.

Treuils Fillet. — M. Fillet, qui est un persévérant et l'un de ceux qui connaissent le mieux la question du labourage électrique, en France, construit des treuils basés sur des données tout à fait différentes; alors que les Allemands ont cherché à obtenir des engins lourds, M. Fillet s'est résolument décidé à n'utiliser que des treuils très légers.., et il faut reconnaître qu'il a raison, comme nous le verrons plus loin.

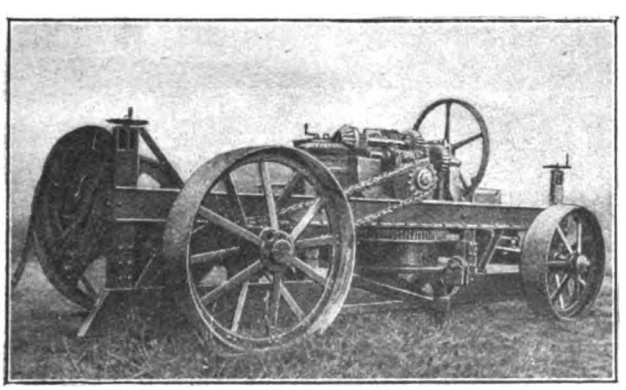


Fig. 7. — Treuil Fillet à bêche d'ancrage.

Le treuil Fillet pèse 4 000 kg, dans le type de 45 ch et 6 000 kg dans le modèle de 60/80 ch ; il permet une traction de 4 000 kg, égale par conséquent à celle du treuil Siemens qui pèse plus de trois fois autant.

Le moteur électrique commande le treuil au moyen d'engrenages directement accouplés sur lui, et en même temps l'avancement du chariot, soit au moyen de chaînes (fig. 7) entraînant les roues arrière, soit en le halant sur un petit câble ancré à 200 m de là. Le tout est monté sur un châssis en acier portant le moteur avec son démarreur à changement de marche et le treuil.

La légèreté du treuil ne lui permettrait pas de résister à la traction du câble, quoique cette traction se fasse transversalement; aussi le chariot est-il muni à la partie inférieure — et c'est là l'une de ses particularités originales — d'une *bêche d'ancrage* consistant en une plaque métallique de même longueur que le chariot, soit 4 m à 4,50 m, ayant 0,25 m de hauteur et supportée par quatre montants mobiles dans des glissières. Cette plaque visible sur la figure 7, porte à l'avant un coutre. Au moyen de deux crémaillères à manivelle on fait enfoncer cette plaque dans le sol. Lorsque le treuil se déplace le long de la fourrière, le coutre trace le sillon de l'ancrage qui avance avec le chariot sans qu'on ait aucune nouvelle manœuvre à faire. Tout ripage est ainsi rendu

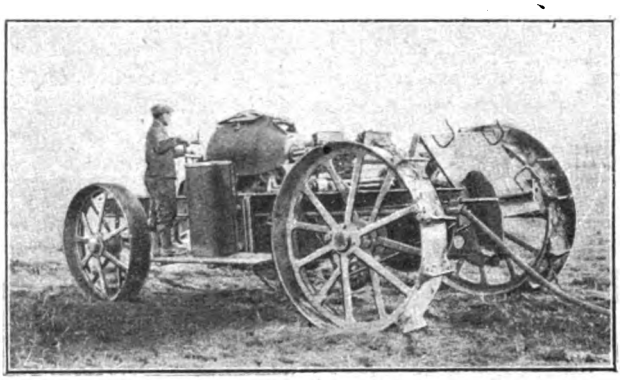


Fig. 8. — Treuil Fillet sans bêche d'ancrage.

impossible ; l'effort se fait à la fois sur le châssis et l'ancrage, et l'on a pu ainsi faire des efforts de 26 000 kg avec un treuil ne pesant lui-même que 4 000 kg.

Dans certains cas même, on a pu se passer de cet ancrage en munissant les jantes des roues de joues qui s'enfoncent dans le sol (fig. 8), comme dans le chariot d'ancrage Siemens.

Treuils de Jeumont. — Construits, non pas en vue de la vente, mais pour être fournis à une filiale, la Société générale agricole, qui devait faire du labourage à façon, les treuils de la Société de constructions électriques du Nord et de l'Est, doivent certainement être bien étudiés ; mais, avant la guerre, ils n'avaient pas encore fait l'objet d'essais prolongés et il faut pour le moment se réserver et attendre les résultats de l'expérience. Il peut se classer comme caractéristique dans la catégorie des treuils Siemens ; son poids est, en effet, de 13 t ; son moteur a une puissance de 80 ch et l'ensemble permet de développer un effort de traction de 4 000 kg.

Digitized by Google

Discussion sur le choix d'un treuil. — C'est là une question délicate, épineuse même, car il faut choisir entre deux écoles dont les partisans sont également convaincus. Le système Siemens, dans la voie duquel s'est également engagé Jeumont, pose comme principe qu'aucun ancrage n'est certain, que tous manquent de sécurité et que seul le poids peut permettre de résister à l'effort de traction nécessaire et aux violentes secousses que transmet le câble; on a été ainsi conduit à des engins fort lourds, comme nous avons vu ci-dessus : 13 t.

De l'autre côté, nous trouvons M. Fillet qui a confiance dans un ancrage rationnel et a démontré pratiquement que l'on peut obtenir un résultat aussi parfait qu'avec un treuil trois fois plus lourd, mais dans lequel on ne compte que sur l'adhérence au sol.

Ce résultat est-il surprenant ?... Non certes quand on analyse ce qui se passe: l'effort de traction nécessaire pour labourer un terrain déterminé, effort que l'on calcule par décimètre carré de section de labour (comme nous l'avons vu précédemment), est proportionnel à la résistance et à la compacité de ce terrain et on peut admettre que, sauf tout à fait à la surface, cette résistance est au moins la même sur la fourrière le long de laquelle se déplace le treuil que dans le champ lui-même.

Il s'ensuit que la valeur unitaire de cet effort n'a pas d'influence si l'on compare l'effort de traction sur la charrue et l'effort de réaction sur l'ancrage; si on négligeait le poids du chariot-treuil, il suffirait, en effet, que *cet ancrage oppose à la traction du câble une surface d'appui sur le sol et normalement au câble au moins équivalente à la section de labourage.* On admet alors que le poids négligé du treuil lui-même constitue le coefficient de sécurité de l'ancrage.

Supposons qu'on laboure à 0,35 m de profondeur avec une charrue trisoc menant 0,90 m de largeur ; la section de labourage est de $0{,}90 \times 0{,}35 = 0{,}315$ m² ; il suffit que la bèche d'ancrage, en s'enfonçant suffisamment dans le sol, oppose à la traction du câble, une surface d'appui sur le sol, normalement au câble, de 0,315 m².

Or, l'ancrage du treuil Fillet est constitué, avons-nous dit, par une plaque de tôle de 0,25 m de hauteur ayant une longueur utile de 4 m environ; lorsque cet ancrage est enfoncé complètement dans le sol, il oppose une résistance d'appui d'une surface de $4 \times 0{,}25 = 1$ m², c'est-à-dire plus de trois fois celle nécessaire au labourage pris ci-dessus à titre d'exemple.

Mais si l'on admet ce qui précède, c'est condamner le treuil lourd, car le treuil léger, très maniable, facile à déplacer ne s'embourbant pas, a évidemment des avantages tels que la lutte n'est pas possible.

En écrivant ces lignes, je me suis promis de rester impartial; je ne prendrai donc pas parti entre les deux écoles, mais je puis cependant me permettre d'affirmer que les recherches et les perfectionnements devront tendre à alléger toujours les engins, ce qui est possible puisque M. Fillet y est parvenu.

Alimentation des treuils en énergie électrique. — Des diverses questions techniques que le labourage électrique a à résoudre, l'amenée du courant est incontestablement celle qui doit attirer toute notre attention, car jusqu'ici les solutions adoptées ont tellement peu donné satisfaction, qu'elles sont une des causes principales du non-développement de ce système.

La puissance du moteur (60 à 80 ch) conduit à adopter une tension de 500 à 600 v qui reste maniable pour des ouvriers même assez peu entraînés (à la seule condition qu'ils soient prudents), sans exiger les grosses sections de câbles auxquelles conduirait une tension de 220 v

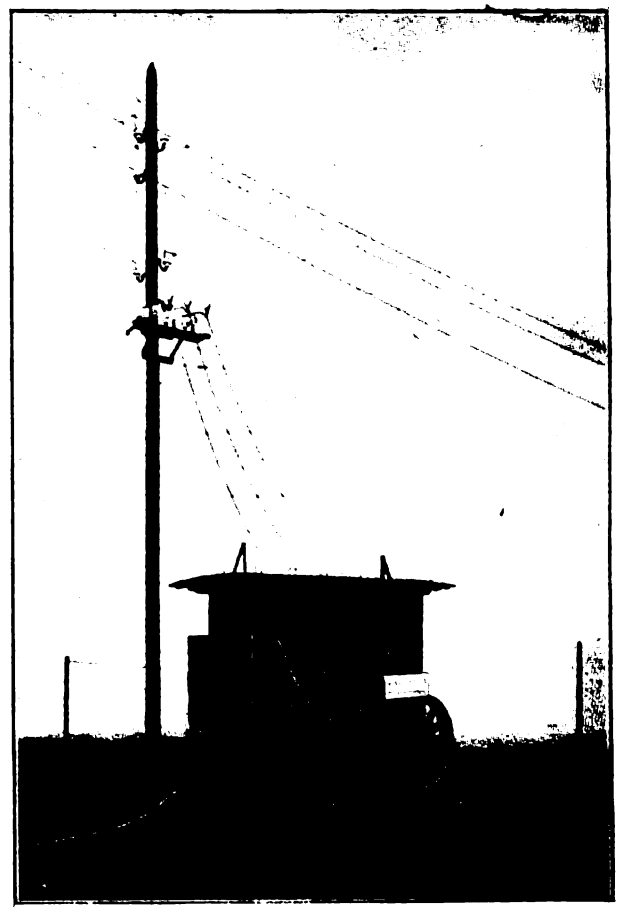


Fig. 9. — Prise de courant HT et poste de transformation mobile système Siemens.

par exemple. Mais cette tension de 500 à 600 v ne permet guère de s'éloigner de la centrale ou du poste de transformation de la ferme; aussi est-on amené à établir dans la plaine des lignes haute tension sur lesquelles on branche un poste de transformation mobile d'où part la ligne basse tension alimentant le treuil.

C'est ici que le problème devient délicat : faire, en somme, une prise de courant volante sur une ligne haute tension sans risquer de faire des courts-circuits ou d'électrocuter quelqu'un, amener les fils haute tension à une voiture cabine en les protégeant contre tout contact accidentel exige des dispositifs très bien étudiés.

Digitized by Google

Or, ce que l'on a fait jusqu'ici est loin d'être parfait.

Siemens se contente d'accrocher, au moyen d'une perche isolante, des fils isolés partant de la voiture cabine et munis d'anneaux à leur extrémité, sur des prises de courant fixées sur les poteaux à 4 m environ du sol ; ces prises sont constituées par de simples crochets montés sur isolateurs et raccordés aux fils de la ligne (fig. 9). La voiture est placée à une distance du poteau telle que les fils de branchement n'aient pas de flottement et ne puissent se toucher en balançant. C'est là un système un peu primitif et qui doit certainement donner des contacts douteux; la manœuvre, d'autre part, n'est pas sans danger, et je ne la conseillerais pas.

J'estime qu'il faut avoir une prise de courant vraiment mieux étudiée et la compléter par un interrupteur aérien à cornes, en disposant le tout pour qu'on ne puisse jamais brancher ni débrancher si l'interrupteur n'est pas ouvert. C'est le meilleur moyen d'éviter des accidents au réseau et aux hommes chargés de la manœuvre. On objectera peut-être que la dépense se trouvera sensiblement augmentée; ce serait déjà là une raison insuffisante quand la sécurité est en jeu; mais, d'autre part, si on remarque qu'un treuil peut travailler facilement jusqu'à 700 ou 800 m du transformateur, on verra que le nombre des prises de courant nécessaires n'est pas aussi grand qu'on aurait pu le croire tout d'abord.

C'est donc là un des points qui méritent de retenir sérieusement l'attention des constructeurs et des exploitants. Je reviendrai d'ailleurs prochainement sur ce sujet en décrivant une prise de courant haute tension répondant à ces desiderata.

Le poste mobile de transformation est en revanche plus facile à réaliser, et Siemens paraît avoir résolu la question d'une manière très heureuse; ne négligeons donc pas les enseignements de nos ennemis et profitons au contraire de leur expérience. La voiture Siemens dont la figure 9 donne l'aspect général contient, en outre du transformateur (qui est du type ordinaire mais à cuve renforcée,) tous les appareils de sécurité et de mesures nécessaires.

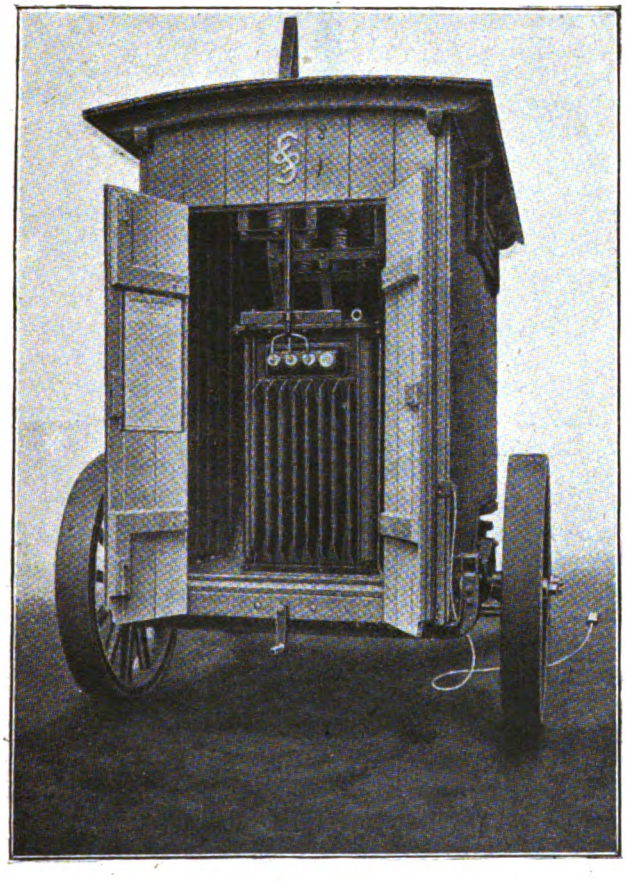


Fig. 10. — Voiture transformateur Siemens, côté haute tension.

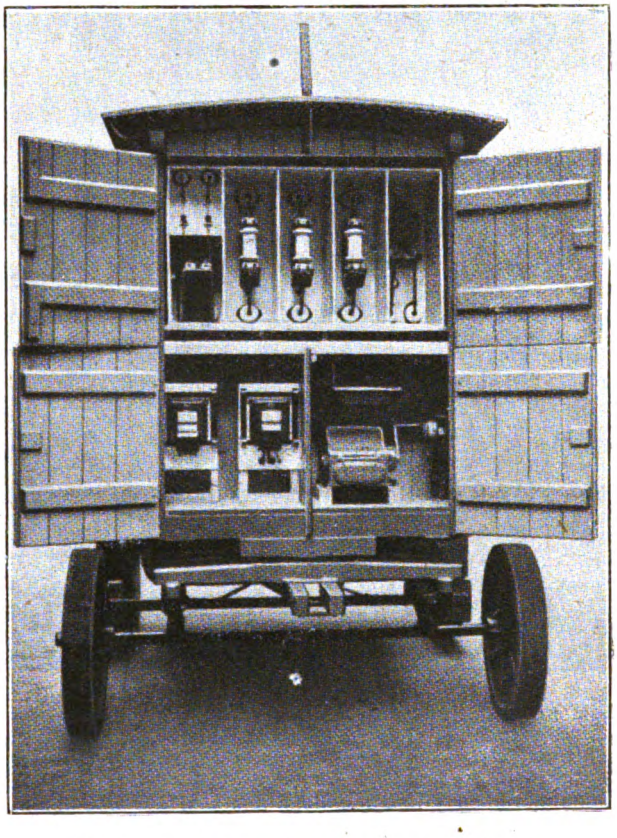


Fig. 11. — Voiture transformateur Siemens, côté basse tension.

Montée sur de bons ressorts, pesant 3 000 à 3 500 kg, elle n'a pas de siège, afin que le conducteur n'ait pas tendance à faire trotter ses chevaux. Elle est divisée en deux par une cloison et les deux compartiments ainsi formés sont munis chacun d'une porte; du côté haute tension (fig. 10) se trouve le transformateur et ses coupe-circuits de protection; du côté basse tension (fig. 11) sont installés d'autres fusibles du type à cartouches amovibles, un compteur suspendu; le transfor-

Digitized by Google

mateur de mesure et la prise de courant pour le départ de la ligne d'alimentation du treuil. Quelquefois on a même encore réservé une place pour un tambour sur lequel est enroulé le câble souple (fig. 12).

La méthode qui paraît, en effet, avoir été adoptée en Allemagne pour amener le courant au treuil, consiste à faire usage d'un câble divisé en tronçons de 250 à

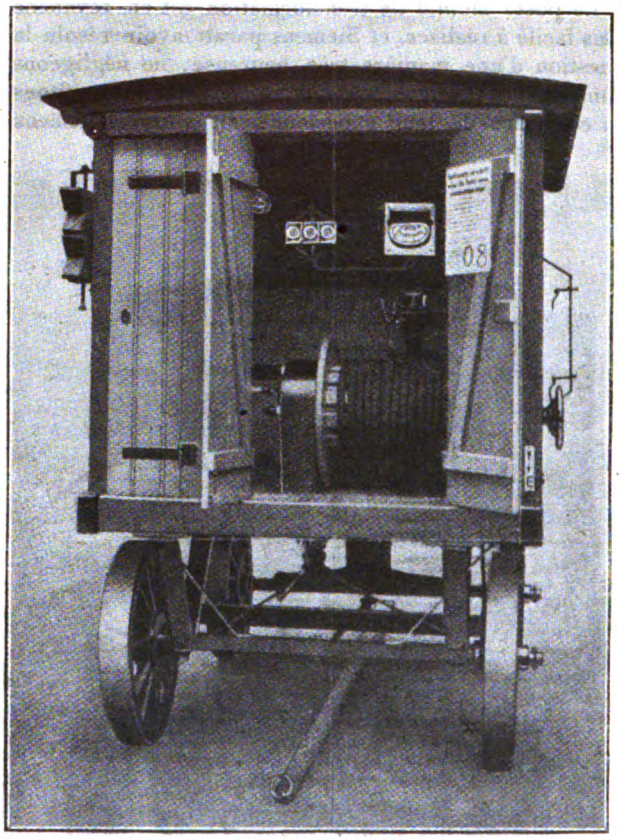


Fig. 12. — Voiture transformateur Siemens avec tambour pour le câble basse tension.

300 m. munis à leurs extrémités de raccords mâle et femelle, et dont chaque conducteur a 25 mm² de section. Mais l'usure de ce câble, déjà coûteux d'achat, est assez rapide par suite de son frottement sur le sol, des alternatives de pluie et de soleil auxquelles il se trouve soumis, des fréquents enroulages et déroulages, enfin des accidents auxquels il est constamment exposé pendant le déplacement du chariot-treuil; il suffit, en effet, d'une seule fausse manœuvre pour que le chariot passe sur le câble et le coupe ou tout au moins le mette hors d'usage.

Pour remédier à ces inconvénients, M. Fillet a proposé et mis en pratique une solution élégante et qui mérite qu'on s'y arrête. La ligne est construite en fils ou câbles (selon sa longueur) supportés soit par des potelets à vis d'un modèle spécial (fig. 13), soit par des X. Les potelets à vis sont constitués par un tube de fer muni à la partie inférieure d'une vis hélicoïdale et à la partie supérieure d'un bras horizontal portant les isolateurs; ce système n'a donné de résultats intéressants que dans les terrains meubles. Les X sont formés de deux tubes de fer assemblés en croix et portant entre les deux branches supérieures une barre horizontale analogue à celle des potelets à vis; ils ont remplacé ces derniers, surtout parce qu'ils permettent de monter la ligne beau-

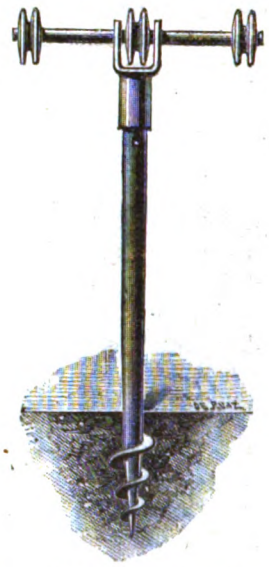


Fig. 13. — Potelets à vis système Fillet.

coup plus rapidement. Il suffit, en effet, de dérouler la ligne sur le sol, ce qui est facile si l'on a enroulé les câbles sur des tourets montés sur chariots attelés de bœufs, par exemple, et portant en même temps les X (fig. 14); on amarre les deux extrémités, puis on relève les X; cela suffit à tendre suffisamment la ligne, et en 3 à 4 heures on installe ainsi 1 km de ligne. Lorsque le chantier est terminé, il suffit de lâcher un des amarrages pour que tous les X tombent comme un jeu de cartes.

On ne saurait dire cependant que ces solutions sont

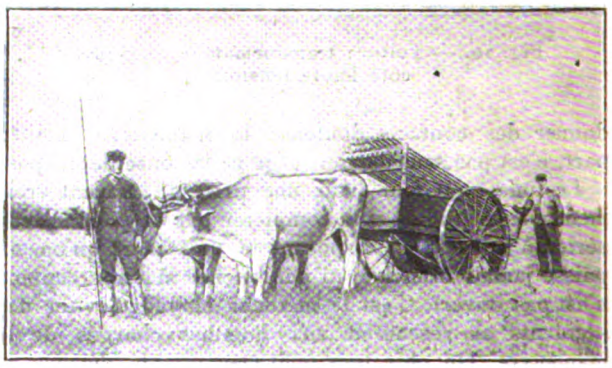


Fig. 14. — Dévidoir et porte-potelets système Fillet.

parfaites, et il y a certainement bien des perfectionnements à apporter à l'une ou l'autre méthode pour les

Digitized by Google

mettre à la portée du personnel agricole qui est assez mal préparé à ce genre de travaux et entre les mains duquel il faut mettre un outillage aussi rustique et aussi simple que possible.

PRIX DE REVIENT DU LABOURAGE. — A combien peut revenir l'hectare de labour (1)?

La superficie labourée et la consommation de courant dépendent évidemment de la nature du sol et de la profondeur du labour; dans des terres fertiles de la région parisienne, on peut compter pour un labour de 30 cm de profondeur sur une consommation d'environ 79 kw-h par hectare et sur une surface labourée journellement de 4 hectares.

Le personnel nécessaire se compose d'un homme à chaque treuil dont un électricien, un à la charrue; on peut à la rigueur adjoindre un petit aide; en estimant à 5 fr la journée des deux hommes, 7,50 fr celle de l'électricien et 2,50 fr celle du petit aide, on aura donc a compter comme main-d'œuvre : 20 fr par jour.

Admettons que l'on paie le courant 0,20 fr le kw-h, on consommera pour 4 hectares : $4 \times 70 = 280$ kw-h, qui à 0,20 fr représentent 56 fr. Ajoutons 4 fr pour l'énergie consommée pour déplacer le treuil, l'huile de graissage, etc., il faudra donc compter : 60 fr.

A ces dépenses d'exploitation proprement dites, il faut ajouter l'amortissement et l'intérêt du capital engagé. Les deux treuils, la charrue, le matériel pour 2 km de lignes volantes, le transformateur sur chariot coûteront 50 000 fr; les lignes fixes jusqu'à 6 000 v, dans une exploitation de 350 hectares, pourront atteindre 10 à 15 km, et représenter une quarantaine de mille francs (2).

Le poste de transformation fixe de la ferme vaudra 6 000 fr. C'est donc au total une dépense d'environ 100 000 fr (3). L'intérêt à 5 pour 100 de cette somme, l'entretien estimé largement en l'évaluant à 5 pour 100 et une réserve de 5 pour 100 pour amortissement donneront comme charges totales fixes annuelles, 15 000 fr.

Admettons que ces 15 000 fr soient répartis sur le labourage seul de 350 hectares (alors qu'en réalité on fera avec le treuil d'autres façons culturales), ils donneront une charge fixe par hectare de $\frac{15\,000}{350} = 43$ fr.

Le prix de revient du labourage à l'hectare sera donc :

Courant électrique $\frac{60}{4}$	15 fr.
Main d'œuvre $\frac{20}{4}$	5 fr.
Frais fixes	43 fr.
Total	63 fr.

(1) Les prix appliqués ici sont ceux d'avant-guerre, car on ne peut se baser sur ceux actuellement payés qui n'ont, par suite des circonstances, aucune stabilité (Ach. D.)

(2) Si la ferme est alimentée en courant à plus haute tension, 10 000 à 15 000 v, par exemple, il y aura généralement intérêt à l'abaisser à 2 500 ou 3 000 v pour les lignes de distribution en plaine, qui seront ainsi moins coûteuses à construire.

(3) A l'heure actuelle il faudrait compter près du double.

On voit par l'examen de ce compte que les frais fixes sont de beaucoup les plus élevés et que le prix de revient baissera d'autant plus que l'importance de la ferme sera plus grande, mais que déjà, dans une ferme de 350 hectares avec du courant à 0,20 le kw-h et en admettant que le treuil soit exclusivement employé au labourage, le prix de revient du labourage électrique est inférieur à celui du labourage à la vapeur. Les Sociétés d'entreprises de labourage à vapeur, en effet, dans la région de Soissons, par exemple, traitaient à forfait à raison de 75 fr l'hectare non compris le charbon et l'eau, à fournir à pied d'œuvre par le cultivateur. Mais le prix s'abaisse rapidement avec l'importance de la ferme et, dans une exploitation de 500 hectares, il descendrait à 49 fr par hectare.

Mais si le treuil sert à faire du scarifiage, du roulage, du hersage, le prix de revient s'améliore encore, et on peut alors compter pratiquement sur une quarantaine de francs par hectare dans une ferme de 300 à 350 hectares.

On réalise donc une économie de plus de 50 pour 100 sur le prix du labourage à vapeur et l'on n'a pas les ennuis que cause le ravitaillement en eau et charbon des locomobiles-treuils. Les tracteurs eux-mêmes ne peuvent prétendre à des chiffres aussi bas ; M. de Poncins, président du Syndicat de culture mécanique de l'Union du Sud-Est, a montré, en effet, que le prix de revient pour des labours de 18 à 20 cm était d'environ 65 fr à l'hectare, ce qui correspondrait à 95 fr au moins pour les labours de 30 cm qui viennent de nous servir de base.

CONCLUSION. — Les tracteurs, jusqu'ici tout au moins, n'ont donné de résultats intéressants que pour les labours légers. Le labourage à vapeur ne procure en réalité aucune économie directe sur le labourage au moyen des animaux, tout au moins quand on ne considère que les labours ordinaires. Mais il permet seul des labours profonds, qui augmentent la fertilité du sol dans des proportions étonnantes; on a montré que la surproduction qui en résultait avait pu atteindre 20 pour 100 pour le blé, 26 pour 100 pour les betteraves et 35 pour 100 pour l'orge.

Or le labourage électrique permet d'arriver aux mêmes résultats avec une dépense plus faible, une sécurité plus grande et moins d'ennuis grâce à la simplicité de ses treuils. N'est-ce pas un titre suffisant pour espérer son succès ?...

Et cependant, il ne faut pas le cacher, ce succès, tout au moins en France, est long à venir. A quoi cela tient-il ?..

Tout d'abord, comme un matériel *peut* facilement travailler 700 à 800 hectares par an et qu'il *doit* en travailler au moins 300 pour permettre des prix de revient intéressants, le labourage mécanique (quelle que soit la nature de la force motrice employée) ne peut vraiment être appliqué que dans les exploitations importantes. Il faut de plus que les pièces soient assez grandes pour ne pas nécessiter des déplacements trop fréquents.

Digitized by Google

La formation de coopératives de labourage pourra pallier à ces divers inconvénients dans une très large mesure.

Que le matériel de labourage appartienne à un seul agriculteur ou à une association coopérative, il n'en reste pas moins vrai que les dépenses d'acquisition sont assez élevées (quoique supérieures encore avec la vapeur), d'où une hésitation bien compréhensible et qui ne disparaîtra que devant la preuve des résultats obtenus. Jusqu'ici, on connaît les résultats du labourage à vapeur; quand on sera convaincu que ces résultats, déjà fort intéressants, le sont beaucoup plus encore avec le labourage électrique, un grand pas sera fait.

Le labourage électrique, d'autre part, est lié à la présence d'un grand secteur qui puisse lui fournir l'énergie nécessaire. On a bien essayé de tourner la difficulté en installant à la ferme une véritable centrale thermique fournissant le courant nécessaire, mais cette centrale ne peut prétendre à faire le courant à moins de 0,20 fr le kilowatt-heure en temps normal, si elle reste essentiellement agricole et l'agriculteur a alors un souci de plus; or ce qu'il cherche surtout et avant tout c'est la simplicité; une centrale de 100 ch, avec une machine à vapeur surchauffée ne peut pas être conduite — si le propriétaire n'y entend rien lui-même — par un manœuvre; il faut un bon mécanicien et ce mécanicien devra de plus être électricien, car il ne faut pas oublier que l'on sera obligé de faire du courant haute tension.

Mais je sais bien aussi que tous les secteurs n'ont pas encore compris le débouché considérable que pouvait leur offrir le labourage électrique et qu'il était de leur intérêt de le favoriser en provoquant des essais de longue haleine (et non par des expériences de quelques heures) et en établissant des tarifs qui conduisent, malgré la mauvaise utilisation de la force agricole en général, à des prix de revient suffisamment bas.

Aussi devons-nous féliciter l'Omnium français d'électricité de son initiative, et souhaiter que la coopérative de labourage électrique qu'il vient de fonder dans la région de Meaux ait un plein succès. Ce sera là un terrain d'expérience fertile en enseignements pour tous; il permettra, espérons-le, la mise au point complète des questions que nous avons eu l'occasion de signaler au cours de ce modeste exposé.

Si l'on veut arriver à développer le labourage électrique, il faut montrer à l'agriculteur que, même avec du courant produit avec de grosses centrales thermiques, il obtiendra les prix de revient les plus bas; il faut ensuite le convaincre pratiquement que la conduite du matériel n'est ni compliquée, ni dangereuse, qu'elle est même plus simple que celle d'un treuil à vapeur ou d'un tracteur; il faut enfin le conseiller et l'aider à constituer des coopératives de labourage.

Sous quelle forme cette influence du secteur doit-elle se manifester?... Doit-il se charger, comme vient de le faire l'Omnium, de l'exploitation proprement dite?... Je ne le crois pas; c'est une méthode de propagande excellente, mais qui n'est pas sans inconvénients; ce serait, d'ailleurs, sortir de la question que d'essayer de déterminer quelles sont les meilleures méthodes d'exploitation. Ce qu'il importe de retenir, c'est que le labourage électrique doit être conseillé et encouragé par tous les moyens possibles, car en outre des avantages pécuniers qu'il apportera à l'agriculture et qui sont vitaux, il économisera le charbon chaque fois que l'on pourra avoir recours à une centrale hydraulique, (il l'économisera même encore s'il s'alimente sur une centrale thermique) et il évitera la consommation d'essence qu'il nous faut importer.

Il ne faut pas trop s'inquiéter de l'inertie et même de la quasi-hostilité des constructeurs d'instruments agricoles signalées par M. Lecler; ceux-ci, en effet, seront bien obligés de fabriquer les machines que demanderont leurs clients.

C'est donc, je le répète encore, l'agriculteur qu'il faut convaincre; or, un certain nombre sont déjà, sinon conquis à la cause du labourage électrique, tout au moins disposés à suivre avec la plus grande attention les essais actuels et à s'y prêter. Il appartient aux secteurs de multiplier ces essais; les sacrifices qu'ils pourront faire seront bien vite récupérés.

Mais il faut pour cela qu'ils « s'américanisent » en quelque sorte, qu'ils changent un peu leurs méthodes commerciales d'avant-guerre, qu'ils ne considèrent pas que le client ayant besoin d'eux, ils n'ont pas à se mettre en frais pour le rechercher et, si je ne craignais de paraître trop sceptique, je dirais que c'est peut-être là la véritable difficulté qu'il faut vaincre.

Ach. DELAMARRE.

Digitized by Google

La protection des usines hydrauliques contre les glaces *(Suite et fin)*

Dans cette dernière partie de leur article les auteurs traitent les nouvelles théories relatives à la formation des glaces ainsi que du sorbet et décrivent les expériences faites à l'appui de ces théories. Leur conclusion est un exposé de tous les moyens utilisés jusqu'ici pour protéger les usines hydro-électriques contre les glaces et des résultats pratiques qu'ils ont donnés.

Théorie du Dr Luscher. — Le Dr Luscher, ingénieur suisse, tout en réfutant l'ancienne théorie de la glace de fond, trouve que la formation du sorbet doit être expliquée par la rencontre des couches froides, contenant les particules de glace, avec des couches plus chaudes. « Car, dit-il, la glace flottant dans l'eau ne supporte aucune différence de température sans regeler aussitôt et former de nouveaux amas de glace en gelée », autrement dit, du sorbet. Il affirme, par conséquent, que la destruction du sorbet par la chaleur provoque sa formation en quantité encore plus considérable, en créant la coexistence de couches chaudes et froides, et qu'une température uniformément basse qui tient les cristaux de glace en suspension est, par suite, préférable à ces alternances de chaud et de froid qui contribuent à accumuler le sorbet et à le rendre visqueux.

M. Luscher cite, à l'appui de sa théorie, ses observations et ses expériences faites en Russie et en Suisse, telles que :

1° La présence du sorbet, rare par le grand froid continu, est très fréquente pendant les changements de température. (Cette observation, comme on le verra, semble contredire celle faite par M. Lokhtine) ;

2° L'engorgement rapide des aubes des turbines qu'on dégage à l'aide d'un jet de vapeur, et l'absence du sorbet pendant le reste de la journée dans celles qui sont dégagées à froid par des outils ou par un jet d'eau sous pression, amenée par un tuyau de fer disposé à l'intétérieur ;

3° La diminution de l'engorgement des turbines lorsque la disparition des volets, qui fermaient contre l'air froid le canal de fuite au-dessus du plan d'eau, permet à l'air extérieur de refroidir les turbines et leurs abords ;

4° L'absence du sorbet dans les canaux couverts, où la température reste sensiblement constante, que M. Luscher a observée dans deux grandes usines. Nous citons son observation telle qu'il l'a décrit :

« Deux grandes usines, toutes deux sur des torrents très sujets aux glaces de fond, la Lutschine, à Lauterbrunnen et le Rhône, à Wallis, toutes deux avec des canaux d'amenée et conduites forcées de grande longueur, et ainsi présentant des conditions d'ensemble très analogues, se comportent tout différemment sous l'influence de la glace de fond. La première ne connaît, pour ainsi dire, pas d'obstructions ; la seconde a beaucoup à en souffrir.

» Les turbines et la hauteur de la chute sont analogues dans les deux (45 et 65 m).

» La première a un canal d'amenée de quelques centaines de mètres, composé jusqu'au château d'eau de tuyaux en tôle, d'environ 2 m de diamètre, établis dans le sol, et seulement un court ouvrage de prise pour le seuil à graviers, les vannes de prise et de vidange. Cet ouvrage est un tronçon de canal à ciel ouvert de très grande section. Du château d'eau se détache la conduite forcée, longue d'environ 1 km, en partie couverte, pour l'uniformité de température, comme la conduite d'amenée. La vitesse de l'eau dans la conduite atteint au maximum 3 m : sec.

» L'autre usine, au contraire, sur le Rhône, a un canal d'amenée de plusieurs kilomètres, en grande partie ouvert, avec une vitesse trop grande d'après nos considérations, environ 1,50 m à 2 m. Sur quelques centaines de mètres, il est en souterrain. Ce canal d'amenée débouche dans un réservoir aménagé en forme de bassin ouvert pour égaliser les variations de pression. De celui-ci se détache la conduite forcée, de quelques centaines de mètres de longueur, à l'air libre, avec environ 2,50 m de diamètre.

» Les troubles que subit cette usine consistent en un fort développement de glace de fond dans le canal à ciel ouvert, et dans l'accumulation de celle-ci, avec développement de sorbet dans le réservoir, jusqu'à obstruction complète.

» Au début de ces troubles, ou dans les cas de moindre importance, ils se manifestent d'abord dans les turbines par l'obstruction des aubes, et cela pour les petites turbines auxiliaires plutôt que pour les turbines de force motrice proprement dite.

» Il est hors de doute que la manière toute différente dont les deux usines se comportent, tient à la différence de leurs installations » ;

5° La formation des dépôts de glace sur les pierres dont la température, ainsi que celle de l'eau dans laquelle elles se trouvent, est légèrement supérieure à 0°. Cette dernière observation fut faite sur la Narova (Russie) pendant l'hiver de 1898-1899, ainsi que sur l'Aar, en Suisse, pendant l'hiver de 1899-1900. M. Luscher a mesuré pendant quelque temps les températures de l'air, de l'eau, du sol et des pierres sur lesquelles se formaient les dépôts de glace à l'aide de thermomètres spéciaux, donnant le centième de degré dans le voisinage de 0°. Il nota les résultats de ces expériences dans un vaste tableau dont le court extrait ci-dessous donnera une idée.

Digitized by Google

	AIR	EAU		SOL sous 0,30 m d'eau à 0.40 m dans le sable	PIERRE N° 1	OBSERVATIONS
		à 0,30 m	à la surface			
11 février à 9 heures du matin.	— 6°6	0°08	0°05	0°20		Formation de glace de fond. La veille il était tombé de la neige par la température de 0°.
16 février à 7 heures du matin.	— 5°	0°03	0°01	0°22	0°025	Pas de glace de fond.
18 février à 7 heures du matin.	— 13°2	0°04	0°04	0°20	0°015	Beaucoup de glace de fond sur la pierre. Dans l'eau nagent de nombreux cristaux.

Théorie d'alluvion glaciale de M. Lokhtine. — M. Lokhtine, ingénieur des ponts et chaussées russes, a publié en 1907 un livre intéressant dans lequel il expose sa théorie d'alluvion glaciale, fruit de nombreuses et patientes observations et expériences, effectuées sur la Néva et ses affluents, ainsi que sur d'autres fleuves russes, sujets à la formation du sorbet. Cette théorie, tout en restant très claire, explique suffisamment toutes les particularités du phénomène étudié, laissées souvent à l'ombre par des théories précédentes, pour que nous l'admettions de préférence à ces dernières.

Mais, avant d'élever une nouvelle construction, M. Lokhtine tient à déblayer la place. Aussi fait-il table rase de l'ancienne théorie de la glace de fond, rendant inutile, du même coup, la distinction faite par M. Barnes. La méthode qu'il emploie, pour ne pas être très neuve, n'en reste pas moins ingénieuse.

Il procède de la façon suivante : supposant la théorie ancienne exacte en tous points et partant de là, il fait des expériences qui doivent nécessairement aboutir pour prouver l'exactitude de cette théorie. Or, les résultats étant tout autres que ceux qu'on avait prévus, malgré le soin extrême apporté à l'exécution de ces expériences et leur répétition fréquente, démontrent clairement la fausseté de la théorie dont leur succès aurait dû assurer le triomphe définitif.

Ce premier point étant obtenu, M. Lokhtine passe à la seconde série d'expériences servant à démontrer la véracité de sa propre théorie. Les limites de notre article nous empêchant de nous étendre trop là-dessus, nous nous contenterons de résumer la substance même de l'étude de M. Lokhtine et de citer ses principales expériences, renvoyant, pour plus de détails, à cet ouvrage intéressant.

Une des expériences de la première série consistait à remplir d'eau, puisée dans la Néva et préalablement réchauffée pour y détruire toute trace de glace, un seau spécialement fabriqué à cet usage, se fermant par un couvercle à ressort, muni d'une rondelle de caoutchouc. Ce dispositif était plongé à maintes reprises dans la Néva, à des endroits et à des profondeurs différents (au fond ou près de la surface), où il était laissé chaque fois pendant un laps de temps suffisant pour la formation de la glace, mais toujours supérieur à vingt-quatre heures.

Quel devait être le résultat de cette expérience? Selon la théorie de la glace de fond, du moment que les milieux et les températures étaient les mêmes à l'intérieur du seau que dans le fleuve et que ce dernier donnait lieu à la formation des cristaux de glace, on devait en trouver également dans l'eau du seau. Or, il n'en était rien et l'on n'a jamais pu découvrir à l'intérieur du seau aucune trace de cette glace de fond qui le couvrait en abondance extérieurement.

Des objets tels que branches de sapin, cailloux, ficelles, etc., mis dans le seau afin de recueillir les cristaux de glace dont ils devaient ainsi signaler l'apparition, restaient intacts, tandis que ceux plongés dans l'eau courante, à côté du seau, étaient retirés complètement couverts d'une mousse glaciale. Il en était toujours ainsi, quels qu'aient été les milieux atmosphériques et les températures de l'air et de l'eau.

Le résultat était le même lorsque, ayant rempli le seau d'eau de la Néva contenant du sorbet, on le laissait ensuite séjourner dans le fleuve pendant un dégel et un regel successifs. Le sorbet, fondu pendant le premier, s'était reconstitué, pendant le second, dans l'eau courante, mais l'eau du seau en restait privée, car il ne s'en était point formé la moindre trace.

Les expériences analogues, tentées avec des bouteilles et des boîtes, de formes et de matières différentes, donnaient des résultats semblables, à savoir : tous ces récipients revenaient sans trace de glace à l'intérieur, mais revêtus extérieurement d'une couche de sorbet, parfois si épaisse qu'elle empêchait de reconnaître la forme primitive de ces objets qui prenaient l'aspect de blocs de glace arrondis. La figure 3 représente la photographie de trois de ces bouteilles après qu'elles ont été retirées du fleuve.

Mais l'absence du sorbet dans le seau provenait peut-être de l'immobilité de l'eau qui y était contenue, tandis que celle du fleuve était agitée. Prévoyant cette objection, M. Lokhtine a également plongé son appareil dans un tourbillon qui l'a secoué si rudement que la corde soutenant le seau fut presque rompue. Mais cette fois-ci, pas plus que les précédentes, on ne trouva trace de sorbet dans le seau.

Mais on obtint un résultat différent lorsque le seau fut plongé, ouvert, aux mêmes endroits et qu'il se rem-

Digitized by Google

plissait, par conséquent, d'eau fluviale. Il revenait chaque fois couvert de dépôts de glace aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur.

Ces expériences prouvent suffisamment que, loin de

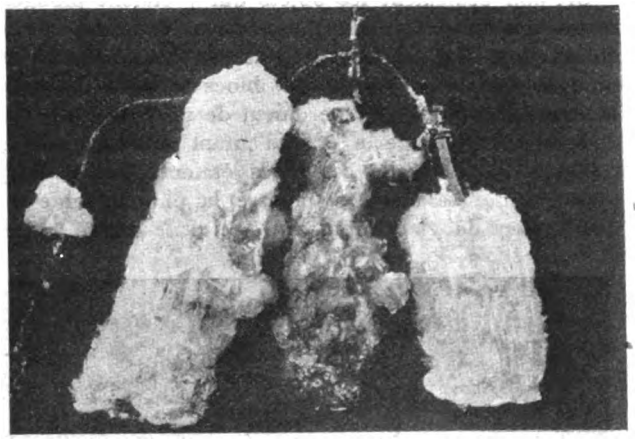


Fig. 3. — Les bouteilles recouvertes des dépôts de l'alluvion glacé.

se former au fond sur les objets qui couvrent le lit du fleuve, cette glace, si injustement surnommée « glace de fond », est apportée par l'eau qui la charrie et la dépose sur les objets qu'elle rencontre. On le voit d'ailleurs clairement lorsqu'on considère l'eau puisée près des rapides de la Néva à la profondeur de quelques mètres. Présentant d'abord un aspect trouble, jaunâtre, laiteux, cette eau s'éclaircit peu à peu tandis que sa surface se couvre d'une mince croûte de glace qui s'épaissit rapidement. Et, si l'on a eu soin d'y plonger quelques objets, on les retire recouverts d'un dépôt de sorbet qui était en suspension dans l'eau examinée.

Mais où cette eau l'avait-elle pris? Où et comment se forme le sorbet? M. Lokhtine a donné à ces questions des réponses appuyées par des expériences convaincantes. La première, que l'on peut appeler expérience de laboratoire, fut faite près du village de Lesnoï, dans les environs de Pétrograd, à l'aide d'un dispositif spécialement aménagé à cet effet qui est représenté sur la figure 4.

On y installa des tuyaux où coulait l'eau sortant de deux puits voisins et refroidie préalablement dans trois grands tonneaux reliés entre eux. Ils aboutissaient à une grande boîte à parois de verre qui permettaient d'observer l'eau à l'intérieur. Dans la boîte on plaça des branches de sapin, des cordes et des cailloux, destinés à recueillir le sorbet s'il s'y formait. Mais, dans toutes les expériences faites avec cette installation, l'eau arrivait invariablement dans la boîte sans aucune trace de glace, et c'est seulement après s'être refroidie dans la boîte découverte que sa surface commençait à se congeler. D'abord apparaissaient des taches troubles qui se soudaient peu à peu entre elles et formaient une mince croûte de glace qui devenait rapidement assez épaisse. Si l'on essayait de la briser, on retrouvait au-dessous la même eau claire et limpide qui se congelait ensuite de la même façon.

Mais le résultat changea complètement du moment où l'on remplaça les tuyaux par des chéneaux en bois, disposés en zigzag à pente faible et divisés en biefs successifs par des poutrelles, avec chute entre chaque bief. Cette nouvelle installation formait une sorte de petit cours d'eau artificiel, d'autant plus que, les chéneaux restant découverts, la surface de l'eau était en contact avec l'air froid. On plaça sur son parcours, en plusieurs endroits, des thermomètres et des objets différents pour pouvoir mieux constater les résultats de l'expérience que M. Lokhtine décrit de la façon suivante :

« Dès que tout l'arrangement fut prêt, on lança l'eau des tonneaux dans les chéneaux. Au commencement de son parcours, l'eau ne manifesta aucun des phénomènes propres à la formation de la glace. Le thermomètre indiqua ici une température supérieure à zéro. Mais, au fur et à mesure de son mouvement ultérieur à travers les chéneaux et de son refroidissement graduel, l'eau descend à la température de zéro. A sa surface apparaissent de petits points rasant presque l'eau, qui se confondent avec elle, et, grâce à leur transparence, se cachent et se dérobent complètement dans la masse de

Fig. 4. — La station de Lesnoï.

l'eau à l'observation ultérieure des yeux. Ce n'est qu'en retirant une branche de l'eau qu'on voit toute une masse

Digitized by Google

de parcelles qui l'ont recouverte et qui lui donnent littéralement l'aspect observé dans les expériences faites sur la Néva. Mais ce n'est qu'une partie insignifiante des parcelles qui se colle à la branche de cette manière. Leur grande majorité est emportée par l'eau et s'accumule devant les poutrelles sous l'aspect d'une purée bleuâtre, demi-transparente et spongieuse. Graduellement cette gelée de glace croît au-dessus de la poutrelle, l'enveloppe complètement et cache même, sous sa masse, le courant de l'eau. L'eau se gonfle ici, en contradiction avec les lois de l'hydrologie, comme une bosse, enfle, bout, comme on dit en Sibérie; ainsi « bouillent » là-bas les torrents sortant des entrailles de la terre à l'air congelé et forment graduellement des collines entières de dépôts de glace. A mesure que l'amas de glace augmente, l'eau s'amoncelle de plus en plus devant le barrage, rompt la masse de glace friable amassée et en emporte une partie plus loin, à travers le chéneau. Le reste, en sortant des chéneaux avec l'excédent de l'eau, se congèle immédiatement à l'air et se couvre d'une croûte de glace. »

Il résulte de toutes ces expériences que le contact de l'eau avec l'air froid est indispensable à la formation du sorbet.

Mais, ne se contentant pas de démonstrations obtenues à l'aide d'un cours d'eau artificiel, M. Lokhtine cherche à atteindre les mêmes résultats avec des fleuves véritables. Il aménagea donc, à cet effet, une station d'observation au bord de la Néva près du village Ivanovskoïé. On prenait, trois fois par jour, les températures de l'eau et de l'air et l'on plongeait tous les jours des objets divers dans le fleuve, en divers endroits, aussi bien à l'amont qu'à l'aval du rapide, dans l'eau découverte que sous l'écorce glacée, afin d'y constater la présence du sorbet.

Au commencement de ces observations, le fleuve restait découvert sur une étendue de 12 km environ, comprenant un rapide. Cette partie se congèle, habituellement plus tard que le reste du fleuve, si elle ne reste point découverte pendant tout l'hiver. Toutefois, près du rapide, le côté gauche du fleuve où ne passait pas le courant principal s'était recouvert d'une fine écorce glaciale qui laissait apercevoir l'entassement du sorbet apporté par le courant de l'amont, sa quantité augmentait de jour en jour au point que, vers le mois de janvier, il touchait presque le fond. De même, les objets plongés à diverses profondeurs dans la Néva, au-dessous d'un endroit découvert, étaient retirés chaque fois revêtus d'une couche de cristaux de glace, mince au début de l'hiver, épaisse vers la fin de ce dernier. Un morceau de glace de 6 livres, plongé le 2 janvier, était retiré le 6 du même mois pesant déjà 9 livres et demie.

Mais « pour se convaincre définitivement que le sorbet était charrié d'en haut par le courant et ne se formait pas sous la glace dans la section couverte par cette dernière, on ne pouvait pas se contenter des observations faites uniquement sur la Néva ». Aussi M. Lokhtine étudia-t-il certains affluents de ce fleuve entièrement couverts d'un manteau glacé, sans trous ni crevasses, qui permettaient de contrôler si le sorbet pouvait se former dans des fleuves couverts, d'autant plus qu'ils présentaient toutes les conditions aussi bien de température que du lit et du courant, nécessaires à la formation de la glace de fond.

Or, non seulement les objets qui y étaient plongés revenaient libres de sorbet, mais même ceux qui en ont été couverts dans la Néva le perdaient lorsqu'ils étaient plongés dans ces rivières. Des blocs de glace solide y fondaient rapidement et perdaient de 15 à 20 pour 100 de leur poids. La perte était d'autant plus forte que la profondeur à laquelle ces blocs étaient plongés était plus grande. La figure 5 montre la photographie de deux blocs de glace dont l'un, celui de droite, a été

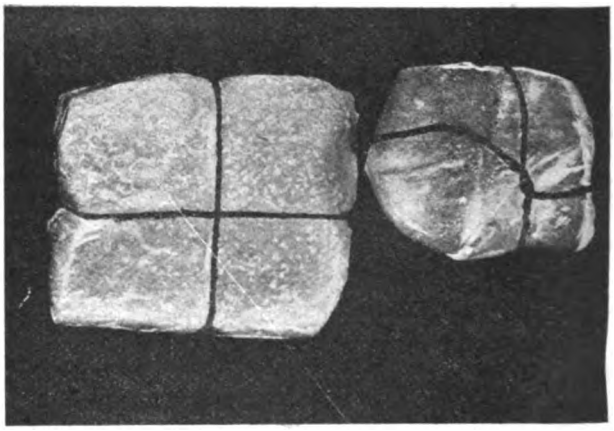


Fig. 5. — Les morceaux de glace plongés dans la Néva (à droite) et dans la Tosna (à gauche).

plongé dans la Néva et l'autre, celui de gauche, dans l'un de ses affluents.

Cette différence dans la manière de congélation entre le fleuve et ses affluents, observée pour la Néva et la Tosna, a été également constatée pour d'autres fleuves et notamment en Sibérie pour l'Angara et l'Irkout.

« Il y a, dit M. Lokhtine, des rivières, comme par exemple, l'Angara découlant du lac Baïkal qui, malgré les grandes gelées dépassant 30° Réaumur, ne se congèlent pas jusqu'au mois de janvier et restent couvertes d'un brouillard épais paraissant produit par de l'eau bouillante. Et, cependant, on voit ici-même des affluents de l'Angara d'un caractère calme qui se congèlent, comme par exemple la rivière Irkout, au commencement de l'hiver, et où on ne trouve point le phénomène de la soi-disant glace de fond. Là-bas, dans l'Angara, toute la masse de l'eau participe à la réfrigération et, en accumulant des masses énormes de glace de fond, effectue sa congélation par une lutte opiniâtre et avec de forts entassements de glace; ici, dans le calme Irkout, la surface seule prend part à la congélation, cette surface s'étant enveloppée de son manteau glacial, protège les masses des eaux courantes de la réfrigération ultérieure. »

Mais les cristaux de glace formés à la surface, con-

Digitized by Google

tiennent souvent des impuretés de toutes sortes, de dimensions plus ou moins grandes, depuis la boue et les grains de sable, jusqu'aux plantes de fond et de gros cailloux. N'est-ce pas une preuve évidente de la formation de cette glace sur le lit du fleuve? objectent les partisans de la théorie de la glace de fond. Non, répond M. Lokhtine, car ce phénomène a une autre explication qui, tout en restant fort plausible, est en accord parfait avec toute la théorie. Il distingue deux cas :

a) L'embourbement du sorbet, formé par la boue, les grains de sable et autres impuretés minuscules, est produit par la rencontre dans l'eau de deux alluvions : alluvion sablonneuse ou vaseuse et alluvion glaciale (c'est le nom qu'il décerne au sorbet), toutes deux charriées par le courant. Pendant cette rencontre, les cristaux de la seconde se congèlent autour des menus grains de la première et les soulèvent à la surface ou bien les tiennent en suspension dans l'eau. De multiples expériences, faites avec des objets plongés dans le fleuve, ont démontré, en effet, que :

L'embourbement du sorbet est le plus fort à proximité du fond, où passe la plus grande part de l'alluvion vaseuse, tandis que les surfaces touchant directement le lit du fleuve, où les alluvions ne peuvent pas pénétrer, ne portent aucune trace, ni de cristaux de glace, ni de grains de sable.

Le sorbet est d'autant plus embourbé que le courant qui le charrie est plus rapide, il reste immaculé dans l'eau tranquille. Ces faits prouvent, une fois de plus, que les cristaux de glace qui couvrent les objets plongés au fond des cours d'eau ne se forment pas sur place, mais sont apportés par le courant.

b) Le sorbet qui surnage à la surface de l'eau entraîne, incrustés dans sa masse, des cailloux, des plantes aquatiques et des débris assez gros; c'est un sorbet de formation plus ancienne que le premier. Né, comme celui-ci, à la surface et porté ensuite par le courant jusqu'au fond, il s'y était déposé sur tous les objets qu'il y a rencontrés.

Mais, après y être resté pendant un temps plus ou moins long, il est remonté à la surface, sollicité par les chauds rayons du soleil et entraînant dans sa course ascendante les objets autour desquels il s'était congelé. Quelquefois cependant, soit que l'objet en question a été trop lourd ou que le sorbet n'a pas été collé assez solidement, ce dernier se décolle et part tout seul, ne gardant de son séjour passager au fond de l'eau que la souillure de la face par laquelle il était collé.

Ainsi, tous les phénomènes sur lesquels s'appuyait l'ancienne théorie, trouvent des explications nouvelles, confirmées par des expériences. Il en est de même de deux faits qui semblent, à première vue, être en contradiction avec toute la théorie de M. Lokhtine.

Le premier consiste en l'absence complète du sorbet, même pendant les plus grands froids, dans la cascade de Kolpino, formée par un des affluents de la Néva, malgré sa grande rapidité qui empêche la formation de la croûte glaciale. Mais M. Lokhtine démontre que c'est cette rapidité même qui empêche, au lieu de la favoriser, la formation du sorbet, car la distance découverte, parcourue par l'eau de la cascade, étant très petite, tout le parcours dure moins d'une minute. Or, ce temps n'est pas suffisant pour la formation du sorbet, qui exige, comme l'ont montré les expériences du laboratoire du Lesnoï, 15 min à la température de —6°.

Le second phénomène, qui fait douter de la justesse de la nouvelle théorie, est la diminution des dépôts d'alluvion glacée pendant de fortes gelées qui ont lieu par un temps calme. Or, on sait que le froid intense provoque, en l'absence du vent, la formation d'une couche glacée dans les endroits jusque-là découverts. Il est évident dès lors que, l'étendue sujette à la formation du sorbet devenant moindre, la quantité de ce dernier diminue.

Ainsi présentés, ces deux phénomènes ne troublent en rien la clarté et l'unité harmonieuse de la théorie de M. Lokhtine qui explique la formation du sorbet uniquement par le contact de l'air froid avec l'eau dont le courant est trop rapide pour permettre la congélation de ces cristaux de glace en une écorce unie et immobile, et que l'auteur résume en ces termes :

« Dans une rivière au courant calme, la réfrigération se concentre à la surface et s'achève par le manteau glacé. Dans une rivière impétueuse, cette réfrigération ne peut se maintenir à la surface ; elle s'étend sur toute la masse de l'eau et se manifeste par l'accumulation de la soi-disant glace de fond. Sa présence dans l'eau de la rivière est ainsi un indice de ce que celle-ci ne peut se congeler sur toute son étendue ou bien sur certaines sections, par suite de conditions défavorables à la congélation. »

* * *

L'étude de toutes ces observations plus ou moins justes et intéressantes n'a pas seulement un intérêt théorique, car elle permettra, dans la suite, de comprendre les mesures employées par diverses usines hydrauliques pour combattre leur plus grand ennemi, et de choisir dans leur nombre les armes les plus propres à porter des coups décisifs dans cette lutte acharnée, engagée par l'homme contre les glaces.

III. — La lutte contre les glaces. — Comment doit-on protéger les installations hydauliques contre les glaces? C'est une question qui, pour être d'intérêt local, n'en est pas moins importante, car les usines qui ont à en souffrir sont assez nombreuses. Il en est ainsi notamment de celles du Canada et de la Sibérie, du nord des États-Unis, de la Russie, de l'Allemagne, de l'Angleterre et de la France, des régions élevées de la Suisse, etc. Toutes ces usines ont donc été obligées de chercher, bon gré mal gré, quelques moyens pratiques de combattre cet ennemi qui menaçait d'arrêter leur fonctionnement pendant une partie plus ou moins grande de l'hiver.

Quelques fois, s'appuyant sur les études théoriques de la formation des différentes sortes de glace, d'autres fois, après de nombreux tâtonnements et maints insuccès, les

Digitized by Google

ingénieurs des installations hydrauliques des régions septentrionales ont réussi a élaborer quelques méthodes de défense contre les glaces. Sans être encore parfaits, ces procédés n'en méritent pas moins d'être cités, car ils rendent aux usines hydrauliques de réels services. D'ailleurs, ils ne sont point figés dans quelque forme définitive, mais se perfectionnent de jour en jour.

Nous diviserons tous les moyens de défense actuellement employés en deux catégories, plaçant dans la première tous ceux qui tendent à empêcher la formation même des glaces et particulièrement du sorbet — effort le plus rationnel et le mieux dirigé qu'on puisse faire dans ce domaine — afin de réserver pour la seconde les procédés qui visent la destruction des glaces, dont on n'a pas pu ou n'a pas su empêcher à temps la formation, et la défense proprement dite des usines contre cet ennemi.

I. — Mesures préventives. — Nous avons vu que, dans un fleuve ou un canal d'amenée de grand débit, la glace de surface n'est à redouter que pendant sa formation et sa fonte et encore n'est-ce qu'occasionnellement. Il est donc inutile et même dangereux de détruire, comme on le fait quelquefois, l'écorce glacée déjà formée car, ou bien elle va se reformer bientôt après et peut-être d'une façon dangereuse pour les usines hydrauliques installées sur ce cours d'eau, ou bien son absence laissera libre champ à la formation du sorbet qui est toujours nuisible.

Quant à ce dernier qui se forme par suite du contact de l'eau avec l'air froid, on peut soit lui interdire l'approche de l'installation, en prenant l'eau là où ce contact n'existe pas, soit empêcher sa formation même en supprimant le contact en question.

Pour réaliser le premier cas on peut prendre l'eau à une certaine profondeur à l'aide d'un siphon, par exemple, et, à la rigueur, même à la surface en ayant soin d'entourer la prise d'un écran vertical suffisamment plongeant. Ce dernier peut être formé par une grille que le sorbet se chargera de rendre pleine.

Pour empêcher le contact de l'eau avec l'air froid, on peut soit conduire l'eau par des canaux couverts ou en souterrains ce qui est assez coûteux et difficile, voire quelquefois impossible, soit favoriser la formation d'une écorce glacée qui préservera le fleuve du froid. Cette écorce doit couvrir le cours d'eau ou le canal d'amenée à quelque distance en amont de l'installation. Quant aux glaçons et sorbet apportés par les flots, l'expérience a montré qu'ils ne sont point dangereux, car ils se fondent sous le manteau glacial ou bien se collent à sa surface inférieure presque sans augmenter son épaisseur. Ils peuvent le devenir cependant lorsqu'ils arrivent en très grande quantité ou quand le canal a un faible débit.

Lorsqu'on veut provoquer la formation de la glace de surface, on doit distinguer deux cas :

a) La croûte glacée existe mais présente des lacunes. On peut obtenir la congélation de ces dernières par le procédé des matelas proposé et décrit comme suit par M. Lokhtine qui l'a expérimenté :

« Ayant choisi, sur le courant rapide de la Néva, une éclaircie, j'y plongeai à la surface de petits matelas, composés de rameaux de sapin de 5 m de longueur, posés avec leurs branches à une distance de 2,5 m l'un de l'autre et liés entre eux comme une cage. Comme il a été constaté, par les expériences antérieures, qu'il est tout à fait inutile de mettre quoi que ce soit dans la partie inférieure de l'éclaircie pour contribuer à la congélation, parce que les objets plongés, étant vite recouverts de glace et congelés, sont aussitôt arrachés par les glaçons venant d'en haut ou bien emportés sous la glace, il fut décidé qu'on poserait ces matelas dans la partie supérieure de l'éclaircie. Au premier moment, le matelas plonge dans l'eau assez profondément, mais déjà quelques heures après remonte à la surface, grâce à la congélation des parcelles de l'alluvion glacée. Avec cela, aussitôt que le courant se ralentit quelque part entre les branches, surtout là où les dernières étaient posées en tas épais, une congélation rapide survient, qui s'étend de plus en plus des deux côtés. Sous la couche mince et transparente de la glace qui se forme dans ces endroits, des parcelles de l'alluvion glacée s'entassent rapidement, se congèlent et augmentent l'épaisseur du nouveau manteau glacé. Une des éclaircies, de dimension exiguë, s'était recouverte de glace au bout de 6 heures et, 24 heures après, on marchait dessus. Sur une grande éclaircie ayant 450 m² de surface, il se forma en 24 heures une couche de glace dépassant de beaucoup la surface du matelas. Alors on commença à y ajouter des branches et la congélation s'effectua plus rapidement. A la fin, cette éclaircie était complètement congelée en 3 jours. »

Un procédé analogue est employé en Norvège où, au commencement de l'hiver, on rassemble sur le lac ou sur le bief de retenue tous les bois flottés, destinés à être plus tard débités ou transformés en pâte à papier, qui facilitent la formation de l'écorce glaciale.

b) Le fleuve ou le canal en question est totalement dépourvu de l'écorce glacée. Il s'agit alors de provoquer la congélation non seulement de quelques éclaircies, mais de toute la surface de l'eau.

Si l'on est en présence d'un canal d'amenée, cette congélation peut être obtenue assez facilement lorsque la vitesse du courant ne dépasse pas 1 m. Il est donc préférable de ne pas trop augmenter cette vitesse dans les régions froides, quoiqu'un pareil aménagement soit plus coûteux.

Dans un canal d'amenée à débit faible on peut utiliser le procédé suivant, essayé par l'usine de Jonage : on arrête complètement, pour quelque temps, le fonctionnement de l'usine, ce qui supprime tout mouvement des eaux du canal. La surface se congèle alors et, la croûte ainsi formée protégeant l'eau inférieure contre le contact de l'air, la marche de l'usine peut être reprise à débit réduit.

Toutefois, cette pratique suppose que l'on a à sa disposition un secours vapeur suffisant pour permettre l'arrêt de l'usine hydraulique. Elle n'est d'ailleurs pas sans danger, car la formation d'une trop grande épais-

Digitized by Google

seur de glace dans le canal peut amener des poussées dangereuses pour la stabilité des ouvrages.

Lorsqu'il s'agit d'un fleuve, trop rapide pour se congeler naturellement, on peut procéder de la façon suivante, employée fréquemment au Canada : pratiquer immédiatement au-dessus du canal d'amenée un vaste réservoir d'eau calme qui se couvrira rapidement d'écorce glacée. Cette dernière empêchera alors la formation du sorbet dans l'eau qui baigne l'usine. L'eau calme sur quelques kilomètres suffit ainsi à débarrasser du sorbet toute la partie inférieure du fleuve. Le réservoir en question peut être facilement obtenu en inondant un terrain à l'aide d'un barrage. L'eau couvrira également les rapides et les chutes d'eau si elles existent en cet endroit.

On peut modifier quelque peu cet aménagement. Ainsi un groupe de centrales hydro-électriques, récemment installées sur le fleuve de Winnipeg au Canada, a ménagé au-dessus de chaque centrale un vaste réservoir s'étendant sur plusieurs kilomètres en amont. Ces ouvrages une fois terminés vont transformer le fleuve en une série d'étangs et de lacs qui engloberont tous les rapides et les chutes d'eau que le fleuve forme sur ce parcours et empêcheront toute formation du sorbet dans ses eaux.

Il faut aussi éviter les alternatives de parties couvertes et découvertes qu'on rencontre souvent dans les canaux couverts ou en souterrain, de même que les causes de stagnation, de tournoiement et de ralentissement de vitesse qui toutes favorisent la formation du sorbet. On peut empêcher ces derniers phénomènes par l'installation de grilles pareilles à celles de l'usine de Fribourg (Suisse), construite en 1909, et décrite en ces termes par le commandant Hoc : « En arrière de ces grilles, le passage ouvert à l'eau va en s'élargissant depuis l'amont jusqu'à l'aval, de manière que la section soit proportionnée en chaque point au volume provenant de la longueur de grille en amont et que, par suite, la vitesse d'eau soit constante. De cette grille jusqu'aux vannes des conduites forcées, le canal est en souterrain, la chambre de mise en charge n'est que très modérément développée et la prise des vannes cylindriques se fait en surface. »

L'installation de Fribourg donne aussi l'exemple d'un autre procédé qu'il serait bon d'imiter et qui consiste à enlever en temps de glaces une partie ou même toutes les grilles dont les barreaux sont éloignés l'un de l'autre de 0,03 à 0,04 cm et qui se composent de panneaux amovibles reposant sur des encadrements en fer à T, pour ne laisser que des grilles garde-gravier, formées de barreaux verticaux, orientés à 45° et espacés de 0,10 cm que la glace ne peut guère engorger. L'absence des premières grilles ne présente pas d'inconvénient, car l'eau est à cette époque très claire et ne charrie guère autre chose que la glace, tandis que, laissées à leur place, elles se transforment rapidement en murs de glace.

Une mesure analogue est employée par l'usine américaine de Holwood (Pensylvanie, États-Unis) construite sur la Susquehanna River et dont les turbines principales et surtout celles des excitatrices sont quelquefois bloquées par le sorbet et par des glaces qui se forment à la surface de la rivière pendant les fortes baisses de température. Lorsqu'on reconnaît, d'après un bruit caractéristique, la présence du sorbet ou des glaçons dans les passages des turbines, on ouvre un certain nombre de grilles, placées en avant des chambres d'eau.

La même précaution est prise pour les turbines des excitatrices et même on s'efforce de ne se servir, pendant la période dangereuse, que d'excitatrices commandées par des moteurs électriques, et, quelquefois, de remplacer les excitatrices par une batterie d'accumulateurs dont dispose la centrale.

Selon M. Luscher, les usines hydrauliques russes emploient généralement des grilles avec des vides de 10 à 15 cm entre les barreaux, et des turbines avec des aubages espacés en proportion qui, il est vrai, nuisent au rendement, mais permettent d'éviter des engorgements par le sorbet et, par suite, des arrêts.

M. Hoc conseille d'enlever ou de soulever une partie des panneaux de grilles, même avec des turbines ordinaires, lorsqu'on aperçoit que le sorbet menace d'empâter ces grilles et d'arrêter l'usine.

II. — Mesures défensives. — Mais lorsqu'on a négligé de prendre en temps utile des mesures empêchant la formation du sorbet et des glaçons ou que celles-ci sont restées infructueuses, on est obligé de défendre énergiquement les centrales contre ces ennemis flottants qui menacent de les arrêter.

Quand il s'agit des glaces provenant d'une débâcle ou d'une embâcle du fleuve, qui atteignent souvent des dimensions si considérables qu'elles ne peuvent être écartées ni par les ouvriers, ni par des constructions ordinaires, on a recours à la dynamite. C'est ainsi qu'on procéda du 22 au 24 avril 1909 pour arrêter l'inondation des centrales construites sur le Niagara dont nous avons parlé plus haut et qui est décrite par le « Génie civil » du 22 mai 1909. A l'aide de la dynamite, on creusa dans la glace les canaux où l'eau put circuler et qu'on réunit ensuite en un seul canal ayant la moitié de la largeur du fleuve et passant entre deux murailles de glace atteignant par endroit 12 m de hauteur.

On procède quelquefois de la même façon en présence du sorbet lorsque celui-ci se lève en masses énormes du fond ou que, apporté en abondance par le courant, il se colle à la face inférieure de l'écorce glacée dont il accroît fortement l'épaisseur; M. Barnes cite un cas de ce genre où l'on a été obligé de se servir de la dynamite pour pratiquer un canal dans des masses épaisses du sorbet. Ce canal devait ensuite être déblayé et maintenu ouvert à l'aide d'un brassage effectué par plusieurs hommes armés de perches.

Le brassage est d'ailleurs employé beaucoup plus souvent tout seul, car le sorbet forme rarement des masses aussi épaisses qu'elles nécessitent l'emploi d'explosifs. Habituellement, ces derniers ne peuvent être d'aucune utilité avec le sorbet fluide et spongieux.

Par contre, le brassage — qui consiste à agiter constamment le sorbet du haut en bas des grilles pour le forcer à les traverser avec l'eau — peut rendre de

Digitized by Google

grands services. Il peut être fait soit par des appareils à palettes qui existent dans certaines usines, celle de Montbovon en Suisse par exemple, ou par des chaînes, soit simplement par des ouvriers. Dans ce dernier cas, qui est le plus fréquent, il est nécessaire de disposer d'un personnel nombreux, car il faut placer jusqu'à un ouvrier par mètre courant. En outre, la besogne étant très pénible, la moitié des ouvriers doit pouvoir se reposer pendant que l'autre travaille. Le brassage n'est donc employé que là où la défense contre le sorbet ne dure qu'un temps court : quelques jours en automne et au printemps.

Un second procédé est celui de l'évacuation du sorbet par des pertuis à glaces, canaux larges et peu profonds, car on a constaté qu'un pertuis de 25 cm de profondeur évacue autant de glace qu'un de 50 cm. La largeur peut atteindre 6 m, en deux travées de 3 m, séparées par un chevalet métallique, supportant une passerelle de manœuvre et munies chacune de poutrelles. Une largeur de 7,50 m en trois travées de 2,50 m est encore meilleure, car le maniement des poutrelles est alors plus facile. Le pertuis doit être établi sur la rive où le courant se porte naturellement, c'est-à-dire sur la rive concave. Le chenal d'évacuation faisant suite au pertuis doit avoir une pente assez forte ou un niveau très bas par rapport à celui du pertuis, car l'exemple de l'usine de la Brillane a montré qu'une différence de 1 m n'empêche pas le canal d'être obstrué complètement par un mur de glace. En effet, le courant n'étant pas assez fort pour entraîner le sorbet évacué, celui-ci se prend rapidement et forme un amoncellement qui élève l'eau du canal.

Pour conduire le sorbet dans les pertuis, on emploie, dans les canaux de largeur et vitesse faibles, des ouvriers armés de rateaux qui dirigent le sorbet à l'aide d'une poutre flottante oblique. Un procédé analogue est employé par une centrale de la Léna (Sibérie), où les ouvriers, à l'aide de longues perches, décollent le sorbet du fond et le dirigent sur le canal d'évacuation. Quelquefois ils pêchent le sorbet flottant avec des filets et le jettent sur les rives.

Mais, lorsque le canal est plus large ou la vitesse plus grande, ces procédés ne suffisent plus. On se sert alors d'estacades qui peuvent être flottantes ou fixes. Les premières doivent être suffisamment massives pour permettre à plusieurs ouvriers de circuler sur chaque élément sans ébranler la stabilité de l'estacade. Le joint entre deux éléments consécutifs est garni en toile assurant la continuité de la surface destinée à guider le sorbet. Le bois peut être frotté à l'huile qui empêche l'adhérence de la glace.

Mais les estacades flottantes ne sont réellement bonnes que lorsque le sorbet n'est pas en quantité très considérable. Autrement, grâce à son extrême fluidité, il plonge avec l'eau sous l'estacade et ressort de l'autre côté souvent en quantité encore plus grande.

Pour éviter cette fuite du sorbet, on a construit à Saint-Maurice et, à son exemple, à la Brillane et à Ventavon, des dispositifs spéciaux, formés par des combinaisons d'estacades flottantes et fixes.

L'installation de défense de l'usine de Saint-Maurice sur le Rhône, réalisée après quelques tâtonnements, comprend :

a) A la prise, dans le fleuve même, une estacade fixe, montée sur charpente métallique de 50 m environ de longueur et restant en place pendant toute l'époque des grands froids qui dure d'octobre à mars;

b) Sur le canal, deux estacades fixes, précédées d'un plancher placé entre deux eaux et séparant la nappe d'eau en deux lames superposées avant de rejeter la lame supérieure par un pertuis à glace approprié;

c) Devant les grilles de la chambre de mise en charge, un rideau en bois enfoncé dans l'eau de 50 cm environ.

Cette installation ayant donné de bons résultats, l'exemple de l'usine de Saint-Maurice a été suivi par celles de la Brillane et de Ventavon sur la Durance lorsqu'elles ont eu à combattre, en 1909, une invasion de sorbet qui a obstrué les grilles et le canal d'amenée et a provoqué des arrêts des usines. Une fois même (en février), le canal de la Brillane a été près de déborder.

Après divers tâtonnements, il a été installé deux estacades fixes sur le canal d'amenée de Ventavon et une estacade sur celui de l'usine de la Brillane-Villeneuve. Le premier de ces canaux a 14 km de longueur et débite environ 50 m^3 : sec; le second n'a que 7 km et porte environ 60 m^3.

Le fonctionnement de ces installations a permis de conclure que les estacades fixes, dont la disposition générale est montrée par la figure 6, sont les seuls engins qui véritablement rendent quelques services dans la lutte contre les glaces. Du moins, tel est l'avis des ingénieurs des usines qui l'ont utilisée. L'efficacité des estacades est d'autant plus grande que l'on accepte de perdre un volume d'eau important. Toutefois, il est nécessaire de disposer le long du canal d'au moins deux ou trois estacades fixes, si l'on veut éviter que la chambre de mise en charge ne soit obstruée par le sorbet.

Comme on voit sur la figure 6, le pertuis à glace peut recevoir des poutrelles qui permettent de régler l'évacuation suivant l'épaisseur du sorbet flottant dans les couches supérieures de l'eau du canal.

Cependant, tout cela ne s'applique qu'aux usines qui n'ont pas à supporter des températures inférieures à 12° ou 15° et dont le débit n'est pas très considérable.

En effet, les estacades ne suffisent point à protéger contre les glaces les usines soumises à de grands froids. L'installation de la Brillane, décrite ci-dessus, n'a eu à fonctionner que pendant les températures plus élevées.

D'autre part, nous avons vu que les pertuis et les estacades possèdent l'inconvénient de perdre beaucoup d'eau, ce qui est d'autant plus à redouter qu'en hiver la quantité d'eau dont dispose l'usine est rarement suffisante pour ses propres besoins En effet, en cette saison, les fleuves ne sont guère alimentés que par les sources de fond, car les petits affluents sont pris et les glaciers ne donnent pas d'écoulement. Il est donc préférable d'éviter la nécessité de l'emploi des estacades, surtout

Digitized by Google

dans les usines à gros débit, par l'usage en temps utile de mesures préventives.

Le point le plus sensible de l'usine et celui qui craint le plus l'attaque des glaces est formé par les grilles que le sorbet transforme, comme nous avons vu, en murs étanches empêchant le passage de l'eau. Aussi a-t-on imaginé plusieurs procédés destinés à assurer la protection des grilles.

Un d'eux, employé au Canada, consiste à submerger les grilles métalliques. Ces dernières prennent alors la température de l'eau environnante et ne se comportent plus comme conductrices du froid de l'air. Les sommets des grilles surmontant le niveau de l'eau doivent être faits en bois qui, en tant qu'isolant, ne conduit point le froid.

Les grilles qui s'élèvent au-dessus de l'eau peuvent être protégées par un hangar, chauffé à la vapeur ou à l'électricité, de façon que le fer conduise une petite quantité de chaleur dans toute sa longueur. On perfectionne ce procédé jusqu'à construire un bâtiment spécial qui protège les grilles et peut être chauffé en cas de besoin. Il sert, en même temps, à protéger du froid les ouvriers qui travaillent ordinairement à l'air libre.

Les vannes métalliques et les chambres de turbines courent également le risque d'être bloquées par le sorbet dont la formation est activée par la basse température du métal. Le procédé, le plus communément employé au Canada pour la protection des vannes, consiste à couvrir l'eau par des planches de bois fixées sur une charpente également en bois de manière à former

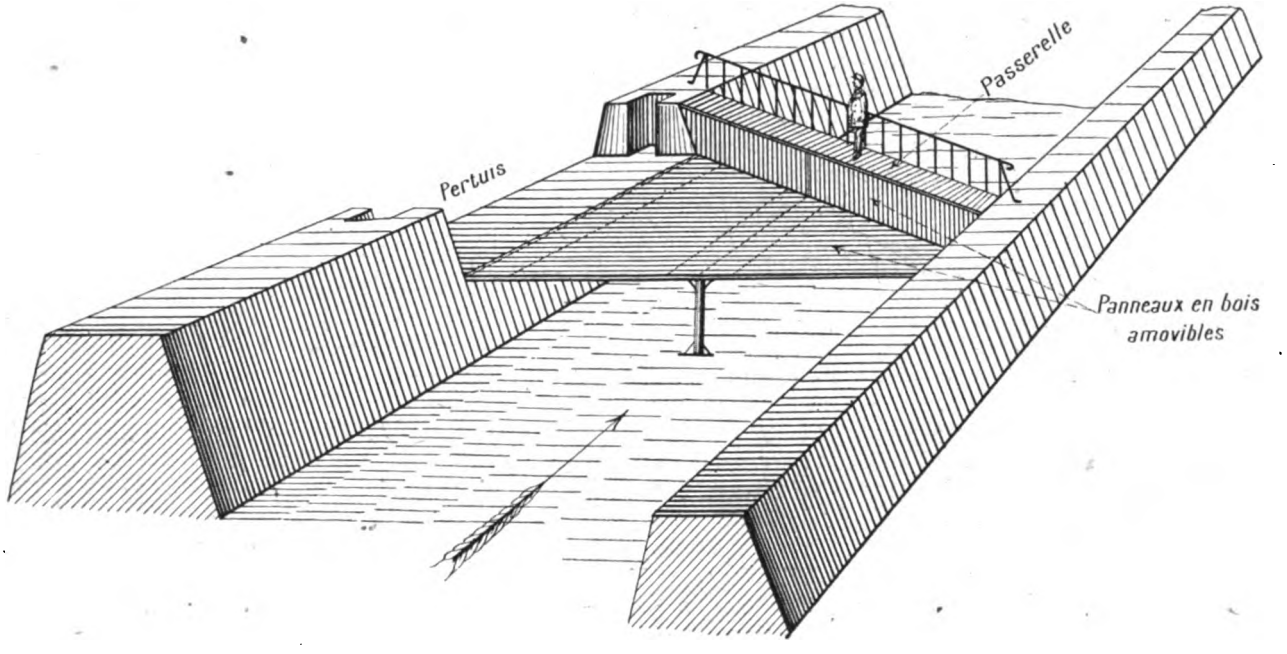


Fig. 6. — Estacade fixe destinée à arrêter le sorbet.

deux côtés verticaux et un toit pointu ou en pente.

Une meilleure méthode exige l'emploi de lattes ou de fils métalliques, fixés sur une charpente en métal ou en bois, soit à l'aide du ciment, soit sans lui. Ces constructions atteignent généralement des dimensions si considérables qu'il est préférable de les exécuter en même temps que les bâtiments de l'usine.

Dans certains cas, les dangers courus par les grilles, vannes, portes, écluses, etc., ont exigé l'installation du chauffage à vapeur qui permet de conserver, à l'aide d'un système de tuyaux, toutes les parties de l'usine libres d'eau. De pareilles installations ont été établies dans les usines d'Ottawa où elles avaient donné, selon M. Hendry, de bons résultats.

Dans l'usine de Shawinigan, l'air chaud est insufflé dans les grilles aussi bien dans leurs parties saillantes que dans celles plongées dans l'eau.

Un procédé analogue est utilisé par l'usine de Holwood déjà citée, où l'on admet de la vapeur dans la chambre d'eau de la turbine gelée, afin de la réchauffer et de fondre la glace adhérant aux organes métalliques.

Le chauffage des grilles et de leurs abords est également employé en Europe. M. Luscher décrit une installation de ce genre, établie dans une usine de force motrice, où les turbines, recouvertes de bâches fermées, ont été chauffées par des tuyaux en serpentin conduisant de la vapeur, qui étaient amenés le long des ouvertures des aubes.

L'usine hydro-électrique de Trollhättan en Suède a réussi, en 1915, à conjurer le danger de glaces en chauffant à l'électricité ses installations de défense.

Enfin, en France, l'usine de Cusset, près de Lyon, a installé depuis quelques années le chauffage par tuyaux de vapeur passant dans l'espace fermé, constitué autour des grilles par un plancher et des panneaux en bois.

Digitized by Google

Quelle est donc l'utilité pratique de ce procédé? Les opinions divergent beaucoup sur ce point.

Les usines canadiennes, de même que celle de Trollhättan, affirment que son emploi a rendu de réels services.

Les ingénieurs de l'usine de la Brillane font une distinction trouvant que, si le chauffage des grilles peut être assez efficace lorsqu'il est employé avec de vastes dimensions dans les usines à haute chute dont le débit ne dépasse pas 1,5 m³ à 2 m³ : sec, il est absolument impraticable lorsqu'il s'agit d'usines à gros débit, car ils trouvent qu'il faudrait une quantité énorme de calories pour ramener de — 4° à + 1° un débit de l'ordre de 40 ou 50 m³. M. Barnes trouve cependant que l'on pourrait effectuer ce chauffage très économiquement.

Par contre, M. Luscher déclare catégoriquement que le chauffage des grilles et de leurs abords non seulement n'est d'aucune utilité, mais est franchement nuisible, car, dit-il, si la chaleur fait momentanément fondre la glace collée autour des grilles et des parties métalliques des machines, la différence des températures ainsi produite provoque une nouvelle formation du sorbet en quantité bien plus abondante que celle précédemment détruite. Il appuie son raisonnement par l'exemple, cité ci-dessus, de l'usine employant les turbines de Francis, qui n'a point réussi à écarter par ce procédé les obstructions formées par le sorbet. On peut prévoir, dit-il, le même résultat pour toutes les usines utilisant le chauffage des grilles.

Le commandant Hoc semble également être de l'avis de M. Luscher, poussé dans cette voie par l'insuccès de l'emploi du chauffage des grilles à l'usine Cusset. Ajoutons que ce procédé a également été utilisé sans aucun succès par l'usine de Jonage.

La question du chauffage des parties métalliques des usines hydro-électriques, en tant que mesure de défense contre le danger de glaces et particulièrement contre l'attaque du sorbet, reste donc encore ouverte, d'autant plus qu'elle a été jusqu'ici très peu traitée dans les journaux techniques, comme c'est le cas pour les autres questions du même genre. Il est donc à souhaiter que les mesures de protection des usines hydro-électriques contre les glaces prennent à l'avenir, dans les monographies de ces usines, une place digne de l'importance qu'elles représentent.

A. Kaminer et J. Vichniak.

L'école du bon sens

L'auteur nous donne dans cette note quelques conseils pratiques, découlant du simple bon sens, et concernant l'organisation méthodique du travail des ouvriers, l'installation rationnelle des ateliers et les dispositions hygiéniques indispensables pour assurer la santé et la propreté du personnel des usines.

La guerre est une rude école de bon sens. Aucune de nos grandes écoles, militaire ou civile, aucune de nos assemblées politiques ne nous a appris comme elle ce que nous ignorions en juillet 1914, par exemple :

Qu'il fallait des mitrailleuses à l'infanterie;

Qu'il fallait de l'artillerie lourde à l'artillerie;

Qu'on n'organise pas la victoire avec des discours, mais avec du cœur et de l'acier;

Qu'il fallait mobiliser l'industrie et l'agriculture d'un pays en même temps que son armée et sa finance;

Que le gaspillage des transports amène la crise des transports;

Qu'un pays en guerre doit chercher à vivre de lui-même;

Qu'un champ non cultivé ne donne pas de récolte; etc.

Les grands capitaines (exemple Napoléon) comme les grands hommes d'État (exemple Thiers) prétendaient n'avoir que des *idées simples*. Car tout se résume à un petit nombre de principes qui sont vrais dans tous les domaines et que nul ne peut méconnaître. Il faut évidemment y ajouter de la volonté, de l'ordre, du travail, de l'intelligence, mais les cerveaux les plus lumineux font faillite s'ils ne procèdent pas par des idées simples, s'ils se paient de mots, s'ils ne voient pas la réalité, s'ils n'ont pas de *bon sens*.

Les Allemands, qui sont de grands organisateurs, manquent cependant de psychologie; ils sont forts chez eux, mais méconnaissent le reste de l'humanité; et ce sera heureusement la cause de leur défaite. Dans cette guerre, Guillaume aura été le conducteur de peuples le plus écouté, ce qui a assuré ses avantages du début, mais il a ignoré successivement l'Angleterre, l'Italie, l'Amérique; ce sera sa ruine.

Nous avions méconnu les Allemands, ce qui a failli causer notre perte. Espérons que la sanglante expérience aura ouvert nos yeux et qu'après la victoire payée du meilleur sang de notre race, nous saurons regarder au delà de nos frontières, voir les réalités, travailler avec méthode et refaire une France digne de nos soldats morts pour elle.

Cette théorie des *idées simples* doit s'appliquer à tous les problèmes industriels, dont les solutions doivent dériver du *bon sens* et des doctrines de... M. de La Palice qui seul a toujours raison.

Digitized by Google

De l'organisation méthodique du travail. — La méthode Taylor fait peur à ceux qui l'ignorent.

Elle est du bon sens américain en formules ingrates.

Il faut rompre l'os et sucer la « substantifique » moelle, ou, au besoin, l'accommoder à la mode de son pays.

Ces formules portent sur deux idées distinctes :

1° Améliorer l'outillage pour accélérer les opérations (en partant des puissantes études faites sur les outils);

2° Eviter le temps perdu entre les opérations.

On parle surtout de la première partie, du chronométrage, etc.

On oublie la seconde qui est beaucoup plus importante, à notre avis.

Ceci est manifeste dans la fabrication des obus, par exemple. Si l'usinage d'un obus demande 45 minutes, il s'écoule souvent un mois entre la première opération et la dernière. Il y a donc plus à gagner sur les pertes de temps entre les opérations que sur l'opération elle-même.

Il en est de même dans toutes les fabrications, qui doivent être étudiées en se plaçant à ce point de vue.

Cela conduit à les organiser, en partant de l'approvisionnement des matières premières, en continuant par l'étude des opérations successives d'usinage par les procédés les plus économiques, en terminant par celle du montage; on doit concentrer, en temps voulu, toutes les pièces d'un même ensemble. Ce problème sera facilement résolu chaque fois qu'il sera nettement posé. Le tout est de le poser.

Des fabrications économiques. — Une machine quelconque, une dynamo, une automobile doit être dessinée, non seulement avec le souci de donner satisfaction aux exigences de la technique la plus moderne, mais avec celui de donner également satisfaction aux exigences non moins impérieuses, mais beaucoup plus souvent ignorées, de la technique de la fabrication économique.

Que d'éléments aux formes torturées, véritables chefs-d'œuvre de sculpture et de fraisage peuvent être remplacés par des éléments simples, faciles à obtenir par tournage ou estampage. Il suffit de changer quelques cotes et d'adoucir quelques angles... entre le bureau d'études et le bureau d'outillage.

Il faut songer aux fabrications économiques qui impliquent la collaboration des services techniques et de fabrication, une comptabilité simple, un mode de salaire équitable, en un mot une organisation rationnelle.

Du groupement des machines-outils. — Autrefois, dans les ateliers, on groupait les machines-outils par type : tous les tours à la tournerie, les fraiseuses dans un coin, les raboteuses dans un autre, etc.

On avait en vue l'unité de direction technique et la spécialisation des contremaîtres.

Prenons un exemple simple : l'usinage d'une poulie qui comprend tournage et mortaisage; la moindre poulie était donc transportée de l'atelier des tours à celui des mortaiseuses. D'où perte de temps quand on avait à faire une série de poulies et division de la responsabilité de l'usinage de la poulie entre deux contremaîtres.

La nouvelle méthode est une méthode de décentralisation. On groupe les outils non par type d'outils, mais par industrie.

Dans l'exemple simple des poulies, on groupe et les tours et les mortaiseuses nécessaires à la fabrication des poulies dans un même atelier et sous le même contremaître. D'où gain de temps et responsabilité unique.

Cette idée paraît élémentaire. Elle est souvent méconnue.

Elle dérive d'un principe d'organisation qui est vrai, non seulement dans la fabrication des poulies, mais

Dans toute fabrication en série;

Dans toute organisation des services d'une même usine.

Dans toute administration, si complexe soit-elle, il faut grouper en respectant le principe de la responsabilité d'un ensemble et non émettre cet ensemble en spécialités incohérées.

Une fabrication étant demandée à un atelier, il faut l'étudier et non laisser au contremaître le soin de faire les diverses opérations, au petit bonheur, avec son outillage existant.

Mieux vaut déplacer une fois un outil que dix mille fois une pièce. Celle-ci doit, en principe, cheminer sans jamais rétrograder. Ce principe est élémentaire mais trop souvent méconnu.

Une bonne méthode pour en vérifier la bonne application est de faire le plan de l'atelier et de ses machines-outils et de tracer sur ce plan le circuit des pièces à usiner. On aperçoit alors avec stupéfaction que celles-ci font dans l'atelier des circuits invraisemblables, des zigzags, des retours en arrière, des enchevêtrements qui conduisent à des manœuvrages interminables et au désordre.

Des vestiaires et lavabos. — Dans beaucoup d'ateliers, les vestiaires sont rudimentaires et les lavabos insuffisants. Ils sont placés à proximité des machines.

Pour être plus sûr d'avoir le temps de se laver les mains, l'ouvrier quitte sa place 10 ou 15 minutes avant l'heure de la sortie. Total près d'une heure perdue par jour, quelquefois.

Si une surveillance active est exercée, on arrive à réduire cette perte de temps, mais au prix d'efforts incessants des cadres de l'atelier, qui à leur tour perdent leur temps. Dès que la surveillance se relâche, tout est à recommencer.

Une bonne solution consiste, quand on le peut, à installer à la porte d'entrée des usines (ou aux portes d'entrée s'il y en a plusieurs) un bâtiment spécial, pour vestiaires et lavabos, les hommes séparés des femmes. Au début de la séance, l'ouvrier doit sortir de ce bâtiment pour entrer dans l'usine en tenue de travail, au signal de la sirène; à la fin de la séance, ce bâtiment

Digitized by Google

n'est ouvert qu'au même signal ; la surveillance est réduite à celle de ce bâtiment, contre lequel peuvent être les horloges-pointeuses (1 pour 150 ouvriers).

Les ouvriers ont ainsi le moyen de prendre la tenue d'atelier et la tenue de ville, de se laver les mains, de faire leur toilette, sans perdre de temps, et ils l'apprécient.

DES DIVERS TARIFS DE SALAIRE. — On parle beaucoup des tarifs de salaire. Le salaire à la journée et le salaire aux pièces sont les plus connus et les plus discutés. On en a imaginé une foule d'autres : tarifs Halsey Willans, Rowan, Bayle, etc...

M. Bayle les a étudiés dans des articles très documentés (1). En partant de ces études, on peut donner aux formules de M. Bayle une expression plus facile à lire pour ceux qui ne veulent pas s'embarrasser de dérivées et d'intégrales. Nous donnons à la fin de cette note ces nouvelles formules qui ne sont qu'une traduction et les avons toutes ramenées à une formule unique, d'où elles dérivent en donnant, dans chaque cas, une valeur déterminée aux coefficients des divers termes. Un graphique représente ces diverses formules et en facilitera la discussion ultérieure.

Mais une fois ces divers tarifs connus, il est bon de remarquer que chacun d'eux a été appliqué avec succès par les industriels qui ont su en tirer les avantages et en réduire les inconvénients. C'est ainsi que Ford a tiré la quintessence des prix de fabrication des automobiles de 15 ch et n'emploie que le salaire à la journée, le plus décrié de tous.

Le tarif aux pièces a ses détracteurs également; mais les nouveaux tarifs officiels du ministre de l'Armement viennent de lui donner quasi force de loi.

Dans les discussions sur ce sujet, on oublie souvent de faire des comparaisons complètes ; lorsqu'on obtient un meilleur résultat dans une usine en modifiant le tarif de salaire, c'est souvent qu'en même temps on a mieux organisé et surveillé la fabrication. L'ordre et la méthode sont les causes principales de l'amélioration constatée et non le nouveau tarif.

D'autre part, toute modification de tarif qui lèse, en apparence, l'ouvrier ne sera jamais acceptée par lui, même quand on lui donne l'espoir d'une régénération lointaine de l'industrie à laquelle il travaille. Il croira toujours être le seul à faire les frais de l'expérience. En matière de salaires, si on peut faire des essais logiques dans un atelier nouveau, il est très difficile de modifier les habitudes anciennes sans risque de conflit.

Aucun tarif de salaires n'est mauvais lorsqu'on a paré à ses inconvénients (exemple : Ford). Il suffit d'étudier les prix des opérations avec beaucoup plus de soin qu'on ne le fait d'ordinaire. C'est seulement à ce prix qu'on mène une industrie et qu'on n'est pas mené par elle. Mais les chefs d'industrie doivent travailler de plus en plus ces questions, entrer dans les détails, vivre à l'atelier ..... ce qui n'est pas la tendance que donne l'enseignement technique supérieur actuel à nos ingénieurs. Les réformes désirées dans ce domaine y remédieront. La concurrence mondiale que nous commençons à ne plus mépriser nous y obligera. F. C.

Revues, analyses et informations

Amortisseur pour rhéostat de mise en route.

La plupart des ateliers sont maintenant pourvus de moteurs électriques, mais, en général, on n'attache que peu d'attention aux appareils de démarrage qui consistent presque toujours en un interrupteur à couteaux et un rhéostat.

Le moteur est amené à sa vitesse de régime en déplaçant à la main le levier du rhéostat. Si la manœuvre est trop rapide, le moindre inconvénient qui puisse en résulter est la destruction des fusibles et la perte du temps nécessaire à leur remplacement.

Le dispositif suivant (2) a pour but d'empêcher la manœuvre trop rapide du rhéostat.

Il consiste en un amortisseur à air comprenant comme pièces principales : un cylindre C (fig. 2) dont le fond H est articulé à un support fixe B (fig. 1), et un piston P dont la tige R est articulée au bras du levier du rhéostat.

Le tracé pointillé représente les positions respectives du levier et de l'amortisseur avant la mise en vitesse du moteur, et le tracé plein représente les positions correspondant à la marche de régime.

Pendant le mouvement du levier, le piston P pénètre dans le cylindre C, et, comme le cuir embouti W assure l'étanchéité du piston, l'air se trouvant à l'intérieur de celui-ci ne peut s'échapper que par le trou A du fond du cylindre H.

La section du trou A est réglée de manière à ne permettre l'échappement de l'air qu'à la vitesse la plus convenable. Un tel dispositif peut être appliqué sans difficulté à un rhéostat existant.

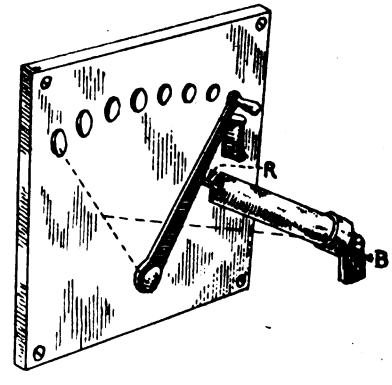


Fig. 1.

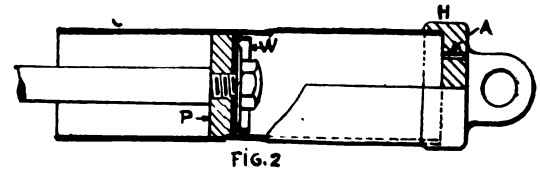


FIG.2

Fig. 1 et 2. — Amortisseur pour rhéostat du démarrage.

(1) Voir en particulier *La Revue électrique*, 17 novembre, 1er et 15 décembre 1916, t. XXVI, p. 314, 343, 379.

(2) *American Machinist*, 10 février 1917.

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

Assemblées générales

Société avignonnaise d'Electricité.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 4 AVRIL 1917.

Les recettes totales d'exploitation de l'exercice se sont élevées à 296084 fr en accroissement de 24524 fr sur l'exercice précédent, la réduction des ventes de courant pour l'éclairage ayant été plus que compensée par l'augmentation des fournitures aux clients de force motrice. L'exploitation du réseau de distribution sera améliorée par suite de l'achèvement de l'installation d'un nouveau groupe à marche rapide dans la sous-station de Saint-Véran par le Sud Electrique qui fournit tout le courant nécessaire à la Société avignonnaise.

Les résultats de l'exercice ayant été sensiblement les mêmes que ceux obtenus en 1913, la Société a pu reprendre à nouveau la distribution du même dividende qu'avant la guerre.

Sur le solde créditeur de 105004 fr de l'exercice, l'Assemblée a décidé d'affecter une somme de 50000 fr au compte « Provision pour amortissements » d'employer 48000 fr à la distribution du dividende de 6 pour 100 aux 8000 actions, et de reporter à nouveau 3615 fr.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1916.

Actif.

	fr
Frais de constitution	1 »
Mobilier et outillage	1 »
Apports	120 000 »
Frais de premier établissement	69 000 »
Dépenses d'installation	1 210 726,24
Approvisionnements	26 865,47
Matériel en location	45 179,30
Portefeuille	77 680 »
Caisses, banques et bons de la Défense nationale	100 135,82
Débiteurs divers	45 620,80
Frais d'émission et prime sur obligations	54 109,60
Comptes divers et d'ordre	2 274,29
	1 751 593,52

Passif.

	fr
Actions	800 000 »
Obligations :	
1re série (amortissements déduits)	207 000 »
2e série — —	228 000 »
Réserve légale	14 499,65
Réserve par amortissement d'obligations	54 172 »
Provision pour amortissements	250 000 »
Créditeurs divers	92 917,06
Profits et pertes	105 004,81
	1 751 593,52

Compagnie centrale d'Eclairage par le gaz (Lebon et Cie).

ASSEMBLÉES GÉNÉRALES ORDINAIRE ET EXTRAORDINAIRE DU 30 MARS 1917.

Le rapport de la gérance et celui du Conseil de surveillance présentant les comptes de l'exercice 1916 font ressortir que, malgré le bénéfice brut de 5379189 fr par lequel se solde l'exercice 1916, la situation générale ne permet pas à la Société de porter à l'amortissement de l'actif une somme équivalente à celle qui serait nécessaire en temps normal. L'augmentation des prix du charbon, insuffisamment compensée par l'augmentation des prix de vente des sous-produits du gaz et par l'élévation des tarifs du gaz et de l'électricité dans certaines villes, a en effet augmenté, dans des proportions inconnues jusqu'ici, les charges de la Société. Comme la situation actuelle peut faire appréhender une nouvelle augmentation des prix du charbon, l'assemblée ordinaire des actionnaires a décidé de reporter sur l'exercice 1917 le produit net de l'exercice 1916, soit 1012139 fr, déduction faite du produit brut des charges statutaires, des frais généraux et d'une somme de 300000 fr attribuée à la caisse des retraites de la Société.

Un bénéfice de 8 fr par action sera réparti pour l'exercice écoulé entre les actions moyennant le prélèvement d'une somme de 280000 fr sur le fonds de prévoyance de la Société qui se trouve ainsi ramené à 14095 fr.

Une assemblée générale extraordinaire qui s'est tenue à la suite de l'assemblée ordinaire a approuvé une modification des statuts autorisant l'ouverture à la Banque de France d'un compte d'avance sur titres en prévision des disponibilités importantes qui pourraient être nécessaires à la Société par suite des circonstances.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1916.

Actif.

	fr
Usines, concessions et immeubles	153 329 767,10
Espèces en caisse et en banque	6 822 512,13
Titres et valeurs diverses	8 785 790,95
Débiteurs divers :	
Comptes divers	2 070 560,45
Comptes courants des usines	19 474 978,68
	190 483 609,31

Passif.

	fr
Capital actions	17 500 000 »
Capital obligations 4 pour 100	40 194 669,13
— — 3 pour 100	15 221 215,39
Amortissement et dépréciation de l'actif industriel	77 756 914,14
Réserve statutaire	1 000 000 »
Fonds de prévoyance	294 095,35
Caisse de retraites	1 788 294,99
Amortissements divers dans les usines	13 890 706,87
Dividendes et intérêts restant à payer	1 685 558,64
A reporter	169 331 454,51

Digitized by Google

Report.....	169 331 454,51
Obligations à rembourser.....	1 692 900 »
Créditeurs divers :	
Comptes courants	422 957,08
Comptes divers et réserve sur change.....	17 957 496,72
Fonds spécial d'amortissement des actions.....	65 661,01
Bénéfice 1916 à reporter sur l'exercice 1917	1 012 139,99
	190 483 609,31

Société française d'incandescence par le gaz (système Auer).

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 24 MARS 1917.

Les résultats de cette Société se sont considérablement améliorés pendant l'année 1916. Le bénéfice industriel s'est en effet élevé, pour l'exercice écoulé, à 4087660 fr au lieu de 2435722 fr en 1915, et le solde bénéficiaire du compte profits et pertes a été de 3486341 fr contre 2114742 fr pour 1915, soit en augmentation de 1371599 fr.

La Société, tout en donnant satisfaction à sa clientèle habituelle, a développé ses fabrications de guerre dans sa fonderie de Feuquières; elle a pris, en outre, pendant l'exercice, une participation importante dans la Société du verre sili-chromé qu'elle a contribué à fonder pour la fabrication de la verrerie d'éclairage, ce qui permettra de remplacer les importations allemandes de ces appareils par une production française de qualité au moins égale.

La situation de la trésorerie de la Société, qui ressort du bilan au 31 décembre 1916, se présente comme très forte, les exigibilités ne dépassant pas 940000 fr, tandis que l'actif liquide et réalisable atteint plus de 12500000 fr.

Le dividende a été élevé de 35 fr à 60 fr, absorbant 2400000 fr, et le report à nouveau a été porté à 562827 fr, en augmentation d'une quarantaine de mille francs.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1917.

Actif.	fr
Caisse	133 329 »
Banquiers.....	419 997 »
Portefeuille :	
Effets à recevoir.....	111 676 »
Valeurs diverses.....	707 703 »
Emprunt national, bons de la Défense et bons de la Ville de Paris.....	5 971 629 »
Avances diverses.....	38 537 »
Impôts sur titres.....	88 901 »
Immeubles.....	582 725 »
Marchandises en magasin.....	2 802 499 »
Mobilier, matériel, installations.....	23 263 »
Débiteurs divers.....	2 142 895 »
Avances au personnel pour la souscription à l'emprunt.....	103 028 »
	13 126 182 »

Passif.

	fr
Capital.....	4 000 000 »
Réserve légale.....	400 000 »
Prime souscription actions nouvelles.....	1 000 000 »
Fonds de prévoyance et d'amortissement.....	2 200 000 »
Provision pour rectification d'inventaire et pour tous risques résultant de la guerre.....	580 000 »
Provision retraites ouvrières.....	54 860 »
Coupon 23.....	1 394 »
— 24.....	6 335 »
— 25.....	7 061 »
— 26 et 27.....	120 280 »
Créditeurs divers.....	749 839 »
Profits et pertes. Exercices anciens.....	520 072 »
Profits et pertes de l'exercice.....	3 486 341 »
	13 126 182 »

Comptoir national d'escompte de Paris.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 14 AVRIL 1917.

L'Assemblée générale s'est tenue le 14 avril sous la présidence de M. Alexis Rostand.

Après avoir entendu les rapports du Conseil, de la Commission permanente de contrôle et du commissaire, l'Assemblée a approuvé à l'unanimité les comptes de l'exercice 1916, qui se soldent par un bénéfice de 13057135,45 fr, et a décidé la répartition de 30 fr par action et de 2,284 fr par part de fondateur.

Le Comptoir national d'Escompte a prêté son concours à la souscription de l'emprunt national 1916, au placement des bons et des obligations de la défense nationale, ainsi qu'aux prêts à l'Etat de valeurs de pays neutres, rachats de valeurs étrangères pour son compte, et ventes de titres sur le marché anglais par l'intermédiaire de la Banque de France. Le total de ces opérations, à la fin de 1916, ne s'élevait pas à moins de 5 milliards 700 millions.

Il a également coopéré au placement et au renouvellement des bons municipaux de la Ville de Paris, ainsi qu'au placement ou à la souscription d'actions et d'obligations de diverses Sociétés industrielles travaillant pour la défense nationale.

Malgré les conditions difficiles de leur exploitation et le manque de personnel expérimenté, ses agences de Paris et de province ont pu maintenir leur fonctionnement et donner des résultats plus satisfaisants. Les agences de l'étranger et des colonies ont manifesté une recrudescence d'activité.

MM. Krantz et Bechmann, administrateurs sortants, ont été réélus.

Revues, analyses et informations

La question de l'apprentissage.

A la séance de mars de la Chambre de commerce d'Orléans, un des membres de cette Compagnie, M. Méré, a présenté un rapport dans lequel se trouve discuté de façon approfondie le projet de loi sur le « contrat d'apprentissage » que présentaient au Sénat, à la date du 10 juillet 1914, MM. Henri Michel et Alfred Mascuraud. En raison de l'intérêt actuel que présente la question, nous reproduisons ci-dessous ce rapport :

Dès le début, dit M. Méré, nous tenons à renouveler l'affirmation du principe que notre Chambre a posé à diverses reprises, savoir :

Que, seule, l'initiative privée, professionnelle et corporative, est qualifiée pour résoudre le problème de l'apprentis-

Digitized by Google

sage; que, seule, la profession, organisée en syndicat, par sa connaissance des besoins et des possibilités variables suivant les métiers et les lieux, a la souplesse voulue pour satisfaire à tous les *desiderata*: qu'enfin, le rôle de l'Etat, des départements et des communes, est de se borner à solliciter les initiatives, encourager les bonnes volontés et subventionner les créations, laissant aux groupements professionnels et aux Chambres de commerce la direction effective de ce mouvement.

Or, le projet de loi qui nous occupe ne vise que ce que nous reconnaissons appartenir à l'Etat: c'est pourquoi, nous vous proposons de lui donner votre entière approbation, tout en indiquant quelques mesures, quelques modifications confirmant la part dévolue aux organisations professionnelles.

Ainsi, il appartient à l'Etat de décréter obligatoire le contrat d'apprentissage, d'en tracer les règles principales, d'en formuler les clauses nécessaires, d'en énumérer les obligations pour les parties et d'en établir les sanctions pour les délinquants. Tel est le but visé dans le texte du projet et nous ajouterons que les rédacteurs se sont heureusement inspirés des vœux formulés sur la matière dans les Congrès ouvriers, dans les réunions syndicales patronales, ainsi que des données fournies par les enquêtes officielles ou privées.

Le point principal de la loi est la déclaration du *contrat obligatoire*. Cette nécessité est trop patente, surtout à l'heure actuelle, pour que nous insistions longuement sur ce sujet. Notre industrie, notre commerce, privés d'ouvriers capables ou d'employés bien dressés, envisagent avec une certaine crainte la lutte commerciale qu'ils seront obligés de soutenir après la guerre, alors que se seront produits tant de vides dans les bureaux et ateliers. En effet, le contrat facultatif de la loi de 1851 a fait de l'apprenti une sorte de manœuvre non payé, se déplaçant à la première occasion, dès que s'offre la chance d'un gain immédiat, et sans tenir compte de l'instruction déjà acquise.

Nous sommes donc partisans de l'obligation, avec toutes ses conséquences, d'un *contrat écrit* engageant les patrons comme les familles des apprentis et offrant aux deux toutes garanties de bonne et loyale exécution; même des pénalités réservées aux abus de quelque côté qu'ils viennent. Mais, nous renouvellerons nos vœux précédents pour la *modification de la loi de 1900*, restreignant à dix heures la durée du travail des ouvriers dans les ateliers, où on emploie des enfants âgés de moins de dix-huit ans. Le retrait de cette mesure favoriserait certainement la formation d'apprentis, et serait une compensation à cette perte de temps consentie par le patron pendant la marche des usines (autant toutefois que la chose sera possible), pour que l'apprenti puisse suivre, en plus des cours du soir, les instructions techniques organisées soit au dehors, soit à l'intérieur, des établissements industriels.

Une excellente proposition est celle de donner à l'apprenti un *salaire dès le début*. Les conditions de l'existence se sont tellement modifiées, la cherté de la vie est telle qu'elle excuse l'âpre désir des familles ouvrières de tirer quelque menu profit du travail des enfants. — Mais, nous demandons que la quotité de ce salaire soit fixée par une commission mixte d'ouvriers et de patrons, afin d'établir, dans chaque métier, l'uniformité de ce salaire et d'éviter les surenchères entre patrons se disputant les apprentis.

Pour encourager l'accomplissement intégral du temps d'apprentissage, nous suggérerions même l'idée du *sur-salaire*, gratification hebdomadaire mise de côté, et destinée à former un petit capital qui serait remis à l'apprenti, une fois son apprentissage terminé; le sur-salaire, versé dans une caisse syndicale, pourrait être représenté, comme l'a proposé le syndicat de la reliure, à Limoges, par des timbres syndicaux de valeur convenue, analogues à ceux des retraites ouvrières: et il servirait de caution pour le patron qui conserverait un droit de préemption en cas d'inexécution du contrat. Nous croyons ce système appliqué dans le syndicat des bronzes de Lyon.

Nous sommes de l'avis des rapporteurs lorsqu'ils s'opposent à *déclarer obligatoire pour les patrons la formation d'apprentis; ce serait*, disent-ils, *une mesure arbitraire et injustifiée*. Il faut, en effet, tenir compte aujourd'hui de cette loi de la concurrence, qui impose aux usines la nécessité du maximum de rendement par la spécialisation du travail; il ne faut pas oublier l'intervention du machinisme, d'où dérive la fabrication en série, immobilisant le même ouvrier toute sa vie devant le même outil. Ce sont des conditions de travail qui ne permettent pas la formation réelle du bon ouvrier habile et bon à tout faire avec intelligence, initiative, goût et sûreté de main.

La *surveillance de l'apprentissage* doit être organisée de la façon la plus sérieuse; d'elle dépendra l'exécution stricte des contrats. Le projet de loi propose de la confier aux comités locaux ou départementaux d'apprentissage, créés par le ministère du Commerce et de l'Industrie, il y a quelques années. Nous demanderons, pour ces comités, une modification de composition: moins de fonctionnaires et de personnages officiels, plus de représentants de syndicats patronaux et ouvriers..., en attendant que, ce qui serait absolument rationnel, cette surveillance soit confiée à des commissions mixtes professionnelles, sous la présidence des Chambres de commerce, les deux-tiers du droit d'ester en justice et d'obtenir des dommages-intérêts toutes les fois que l'intérêt professionnel serait en jeu.

Et nous arrivons aux *sanctions*.

Contre les patrons, qui manquent à leur devoir, la loi future ne parle que: de réduction ou limitation du nombre des apprentis; ou de retrait du droit d'avoir des apprentis pendant un temps fixé ou même à titre définitif. Ce n'est pas assez en cas d'abus grave ou de négligence voulue; on pourrait y joindre une amende en faveur de la famille de l'apprenti négligé, réparation du préjudice causé à l'enfant.

Contre les apprentis insubordonnés, paresseux ou infidèles au contrat, nous demanderions, par réciprocité, la condamnation à des amendes, à des dommages-intérêts et à perte du sursalaire qui reviendrait au patron lésé, comme nous l'avons dit précédemment.

La constatation de ces faits sera facile puisque, la loi, d'une part, comme nous venons de le dire, fait surveiller l'apprentissage par une commission départementale; et, d'autre part, puisqu'elle prévoit, en fin d'apprentissage, des *examens* et *concours* avec *diplômes*, seul moyen pratique de contrôler les résultats obtenus par l'enfant.

Où nous différons avec MM. Michel et Mascuraud, c'est à propos de la *juridiction compétente* chargée de décider en cas de contestations. Ces messieurs l'attribuent aux Conseils de prud'hommes, ou à leur défaut, aux justices de paix. Nous désirerions que ce rôle puisse rester dans l'activité des commissions mixtes de la profession. Par extension, nous leur réserverions la rédaction des articles particuliers à chaque métier, la contre-signature de ces contrats pour leur donner plus d'authenticité, et la conservation dans leurs archives de deux exemplaires de ces pièces, rédigées en quatre reproductions. Serait-ce trop demander pour notre époque, encore hypnotisée par les idées d'individualisme à outrance?

Digitized by Google

Notre étude du projet de loi se termine ainsi.

Mais, ajoutent nos honorables sénateurs : « à la question de l'apprentissage se lient, certes, de façon étroite et intime, celle des cours professionnels et celle de l'enseignement technique », nous les suivrons donc dans la courte dissertation qu'ils entament sur ce sujet. Ce sera pour les approuver lorsqu'ils reconnaissent que « l'apprentissage ne se fait bien et ne peut bien se faire qu'à l'atelier », et pour les combattre lorsqu'ils prétendent que l'initiative privée ne peut suffire à cette organisation, et qu'il incombe à l'État, malgré l'enflure considérable de son budget, d'assumer cette tâche. Nous ne pouvons oublier que notre Chambre a proposé une solution, qui ménagerait dans une large mesure les ressources de l'État.

En conséquence, nous proposons l'adoption du vœu suivant :

« La Chambre de commerce d'Orléans et du Loiret,

» Considérant que la question de l'apprentissage ne peut et ne doit être résolue d'une manière satisfaisante qu'autant que la part la plus large, dans l'organisation et le fonctionnement des institutions créées dans ce but, sera réservée aux groupements professionnels (Chambres de commerce, syndicats patronaux et ouvriers, unions de syndicats, chambres de métiers, etc...) ;

» Que, notamment en ce qui concerne la loi projetée sur le contrat d'apprentissage, il est nécessaire que les syndicats intéressés et les chambres de métiers coopèrent à la rédaction des contrats, à la fixation du salaire, à la surveillance de l'exécution des prescriptions ou des engagements, et à l'application des sanctions ;

» Émet le vœu pour que, dans le projet de loi sur le contrat d'apprentissage présenté par MM. les sénateurs Michel et Mascuraud, on tienne davantage compte de la compétence des organisations professionnelles, et qu'on leur attribue une part prépondérante dans les organismes créés pour la rédaction et la surveillance de l'exécution des contrats, et dans la juridiction compétente des contestations ;

» Et approuve, pour le reste, l'ensemble du projet. »

Après examen et discussion, ce rapport a été approuvé à l'unanimité par la Chambre de commerce.

Le commerce allemand après la guerre.

Au début de la guerre, alors que l'Allemagne escomptait une prompte victoire, ses journaux annonçaient au monde entier que, malgré la guerre, on continuait à construire en masse pour l'exportation ; même que la pénurie de certains métaux, comme le cuivre, avait forcé l'industrie allemande à se servir d'autres métaux moins chers, et qu'après des essais couronnés de succès, elle était arrivée à produire certains appareils à des prix défiant toute concurrence.

Immédiatement après la signature de la paix, les marchés neutres seraient inondés de produits allemands et même les ennemis de la patrie allemande seraient forcés, de gré ou de force, à la suite des traités de paix, d'en acheter.

Si on en juge par l'article suivant, publié dans la revue commerciale de l'« Elektrotechnische Zeitschrift » du 16 novembre, ces beaux rêves se sont évanouis.

« Une preuve de la manière extraordinaire dont on juge notre situation économique, même dans les pays neutres, nous est fournie par des articles de journaux américains, qui sont renseignés de sources scandinaves. Ils prétendent que l'Allemagne, pour remplacer les ouvriers, partis aux armées, a levé une grande masse de femmes, d'enfants, de vieillards pour les utiliser à fabriquer, pendant la guerre, une grande quantité de produits, qui après la paix seront jetés à bas prix sur les marchés étrangers, de sorte que l'Allemagne regagnerait d'un seul coup la maîtrise du marché mondial, qu'elle a perdue pendant la guerre. L'Américain qualifie ce procédé, de vendre à meilleur marché que l'on a produit, de « dumping ». On cite même des chiffres, on prétend sérieusement que, depuis le commencement de la guerre, on a déjà fabriqué pour 5 milliards de marks de marchandises, qui sont emmagasinées sous le contrôle de l'Etat, afin d'attendre le moment favorable pour inonder le marché mondial. Que de telles légendes soient répandues par nos ennemis, qui y ajoutent foi ou non, cela ne doit pas nous étonner. »

Heureusement, les organes principaux de la presse américaine se sont élevés contre ces bruits insensés. La Chambre de commerce américaine de Berlin reproduit ces bruits dans ses « Weekly-Reports » et entreprend, en même temps, de les soumettre à une critique avisée et peut d'autant plus facilement les démentir qu'elle peut recueillir des renseignements et contrôler sur place. Elle fait remarquer très judicieusement que, si ces bruits étaient exacts, il y aurait en Allemagne des forces de travail surabondantes, ce que l'on ne peut croire. En outre, la législation sociale, qui interdit formellement le travail des enfants et limite le travail de nuit, serait complètement abrogée aujourd'hui, en temps de guerre, ce dont on n'a aucune connaissance. Du reste, tout neutre qui visite l'Allemagne pour affaires, peut facilement s'en rendre compte. Il est matériellement impossible que l'on puisse actuellement travailler à des livraisons d'après-guerre quand les produits existants suffisent à peine pour satisfaire les besoins urgents. Il faut en outre considérer, et ce n'est pas l'argument de moindre valeur, les salaires élevés payés actuellement dans notre industrie. Les salaires de tous les travailleurs se sont considérablement accrus, au moins dans les mêmes proportions que les besoins de la vie. Dans beaucoup de cas même, l'accroissement des salaires a été plus grand, ce que montre bien l'accroissement des dépôts des Caisses d'épargne. Le danger de « dumping », pour des articles fabriqués en masse pendant la guerre, doit donc être considéré comme non existant.

Il est cependant bien certain que l'Allemagne, tout au moins au commencement de la guerre, a produit des articles pour le « dumping » ; il est toutefois possible qu'elle ne puisse plus le faire, comme le fait remarquer la Chambre de commerce américaine.

En tout cas, on ne peut guère expliquer le changement complet de ton, que par le fait que l'Allemagne n'espère plus imposer ses produits à ses ennemis actuels au moyen de clauses du traité de paix. Elle prétend probablement actuellement ne point en avoir mis en réserve, afin de pouvoir plus facilement, après la guerre, les écouler sous une étiquette neutre. A nous de veiller.

F. Loppé.

Digitized by Google

SECTION DE LÉGISLATION

Relèvement des tarifs des Compagnies de distribution en raison de la hausse des charbons. — Conditions d homologation

Nous avons déjà signalé dans « La Revue générale de l'Electricité » plusieurs décrets autorisant les Compagnies de distribution d'électricité à relever leurs tarifs pendant la durée des hostilités. L'auteur de l'article qui suit nous fait connaître les différents moyens que les Compagnies de distribution ont cherché à appliquer pour faire face à l'augmentation considérable du prix du charbon. Il nous fait connaître enfin les principes directeurs dont l'administration du Ministère des Travaux publics entend faire état pour statuer dans tous les cas de demande de relèvement de tarifs.

La hausse exceptionnelle du prix des charbons due aux causes que tout le monde connaît aujourd'hui a, comme il fallait s'y attendre, atteint très durement l'industrie électrique, dont un grand nombre d'usines utilise encore le charbon pour la production de l'énergie.

Les réseaux de distribution, qui constituent aujourd'hui des rouages de la vie économique aussi indispensables que les chemins de fer ou les canaux, se sont trouvés parmi les premiers à souffrir de l'état de choses actuel.

La crise ne les atteignit pas tous dans la même proportion.

Un certain nombre de petites distributions locales purent obtenir, à l'amiable, des arrangements de fortune avec leurs abonnés et les communes, leur laissant l'espoir de subsister dans une sorte de vie ralentie, suffisante pour « tenir jusqu'au bout », en exploitant à prix coûtant sinon à perte. D'autres durent, purement et simplement, déposer leur bilan devant l'intransigeance des municipalités dont quelques-unes avaient peut-être même entrevu là le moyen — plus pratique que scrupuleux — d'acquérir, au meilleur compte des réseaux communaux en parfait état.

Quant aux grandes Compagnies qui, suivant l'expression populaire, avaient « les reins plus solides », elles ne devaient heureusement pas être acculées encore à la dure extrémité de la faillite. Toutefois, le déficit d'exploitation, après des mois de fonctionnement dans de telles conditions, leur commandait cependant d'aviser aux mesures imposées par la situation alarmante que leur créaient des pertes atteignant, pour certaines d'entre elles, des centaines de milliers de francs.

Il fallut bien en venir à appeler à l'aide. Deux moyens s'offraient à elles. Le premier consistait à demander le relèvement temporaire des tarifs en fonction du prix des charbons et à réclamer, dans ce but, une modification de l'article 11 des cahiers des charges-type des concessions, c'était le seul indiqué pour les plus atteintes. Le second, accessible seulement à celles qui avaient encore des réserves suffisantes ou qui retiraient encore quelques bénéfices de l'exploitation, consistait à solliciter simplement une prolongation de concession destinée à permettre l'amortissement des capitaux de premier établissement dans des délais supérieurs à ceux escomptés.

Certaines sociétés, pour s'assurer plus de chances de succès, n'avaient même pas craint d'employer concurremment les deux moyens.

Un arrêt du Conseil d'État, en date du 30 mars 1916, rendu dans une instance engagée entre la ville de Bordeaux et la Compagnie du gaz, qui sollicitait elle-même un relèvement des tarifs, avait d'ailleurs admis le principe d'une compensation due aux Compagnies concessionnaires, sous une forme à débattre entre les intéressés, et ce, en raison des modifications, « imprévisibles » d'avance, que la hausse des charbons apportait dans les contrats passés avant la guerre. Cependant, le texte de cet arrêt n'était pas assez général dans son énoncé, ni d'une interprétation assez facile dans l'application qui pouvait en être faite, pour assurer aux Compagnies de distribution une quiétude complète sur la suite que le ministère des Travaux publics devait réserver à leurs demandes.

Aussi est-ce avec une réelle satisfaction qu'elles ont reçu communication de décisions récentes intervenues sur leur requête.

Après un laps de temps, justifié du reste par l'importance des intérêts en cause et la difficulté du problème à résoudre, on est enfin fixé, aujourd'hui, sur les principes directeurs dont cette Administration entend faire état pour statuer dans les cas de cette nature.

Nos lecteurs nous sauront gré de leur donner en quelque sorte la primeur de cette solution qu'attend un si grand nombre d'industriels.

Se basant sur l'arrêt de Bordeaux, le Ministère des Travaux publics reconnait aux Compagnies le droit de soutenir qu'elles ne peuvent être tenues d'assurer, aux seules conditions prévues dans les contrats antérieurs à la guerre, le fonctionnement des services concédés tant que durera la situation anormale actuelle. Toutefois, il estime que les Compagnies doivent, par contre, suppor

Digitized by Google

ter les conséquences onéreuses de cette situation dans la mesure où une interprétation raisonnable du contrat permet de les mettre à leur charge.

La possibilité du relèvement des tarifs constitue donc essentiellement un cas d'espèce.

Il y a lieu, dans chaque cas, d'examiner la répercussion de la hausse anormale du combustible sur le fonctionnement de l'entreprise.

S'il est établi que cette hausse est de telle nature qu'elle entraîne un véritable bouleversement du contrat, le relèvement des tarifs maximum peut être autorisé, mais de telle sorte que la Société concessionnaire, tout en étant exonérée d'une quote-part des charges trop onéreuses de la situation, en supporte néanmoins les conséquences pour une part raisonnable.

C'est le jugement de Salomon et on ne peut lui refuser en ce cas le mérite d'une opportune équité.

On partage, dans une juste proportion, les charges exceptionnelles dues à l'état de guerre qu'on ne pouvait raisonnablement imputer à une seule des parties en cause.

Quant à la question de la répercussion que l'homologation du relèvement des tarifs maximum peut avoir sur les polices d'abonnement — point essentiellement intéressant pour les Compagnies — l'Administration déclare n'avoir pas à en connaître. Elle regarde les polices comme des conventions purement privées demeurant soumises aux règles du droit commun et de l'interprétation desquelles les tribunaux compétents doivent avoir seuls à connaître le cas échéant.

Cette interprétation est appuyée sur ce principe que l'autorité concédante est seule qualifiée pour décider des conditions de possibilité de l'exécution d'un service public et qu'elle a, non seulement le droit, mais le devoir — si elle estime que ce service ne peut fonctionner aux conditions anciennes — d'autoriser le concessionnaire à modifier ces conditions sans avoir à se préoccuper des conséquences pouvant en résulter à l'égard des abonnés dans la limite des autorisations qui ont été accordées.

L'homologation des nouveaux tarifs maximum une fois prononcée, la question se pose de savoir si le concessionnaire peut imposer aux abonnés le relèvement des tarifs des polices d'abonnement en cours.

Si la législation et la jurisprudence actuelles semblent rendre la situation du concessionnaire assez difficile, tout permet de penser que la voie ouverte par l'arrêt de Bordeaux ne sera pas sans influence sur les juges ordinaires et qu'une interprétation appropriée aux événements les amènera, le cas échéant, à assimiler également à une impossibilité d'exécution du contrat avec les abonnés les difficultés créées au concessionnaire par la hausse exceptionnelle du prix des charbons.

Les situations nouvelles créées par la guerre entraîneront inévitablement des interprétations nouvelles des règles établies pour le temps de paix.

Quoi qu'il en soit, c'est bien aux tribunaux, comme l'Administration l'indique elle-même, qu'il appartiendra, à défaut de bonne volonté de la part des abonnés, de trancher souverainement les différends qui pourraient être la conséquence du relèvement autorisé des tarifs maximum.

A côté des demandes de relèvement de tarifs, certaines Compagnies avaient estimé suffisant, pour maintenir leur exploitation, de solliciter simplement la prolongation de la concession. Ces demandes ne semblent pas avoir été admises par les pouvoirs publics. Une telle proposition pour remédier à la crise traversée par ces Sociétés ne leur apparaissant pas comme une solution définitive satisfaisante en raison de l'incertitude où se trouvent, tant les Compagnies que l'État, de prévoir, dès maintenant, ce que réserve l'avenir.

On redoute que les dommages susceptibles d'être encore occasionnés à ces Sociétés par la continuation de la guerre puissent les conduire à solliciter ultérieurement de nouvelles compensations, au besoin par le moyen d'autres modifications à leurs contrats de concession.

L'Administration estimant que la situation dommageable résultant de la longue durée des hostilités ne pourra être examinée en connaissance de cause qu'après la guerre, s'est dès lors imposé la règle de ne venir en aide aux sociétés que par des mesures ayant un caractère provisoire, destinées à assurer seulement la continuité de l'exploitation pendant la guerre, au mieux des intérêts en présence.

Ce refus de prolongation des concessions n'est peut-être pas à l'abri de toute critique, un remède même imparfait, mais immédiat, eût pu sembler préférable, surtout si les intéressés le jugent suffisant, à un remède bien meilleur qui risque, dans certains cas, de n'arriver que trop tard.

Mais, dans la catastrophe qui bouleverse actuellement le monde et rend le lendemain si plein d'inconnu, on doit attendre la sanction des faits pour apprécier une méthode ; toute critique risque, d'un moment à l'autre, d'être démontrée injustifiée par la tournure inattendue des événements.

S. DE RIGNY.

Digitized by Google

Législation, jurisprudence, réglementation

Création d'un registre de commerce

Le « Journal officiel » du 13 avril 1917 donne dans les documents parlementaires de la Chambre, annexe n° 2 946, p. 242, le rapport fait au nom de la Commission du commerce et de l'industrie chargée d'examiner le projet de loi tendant à la création d'un registre de commerce, par M. Louis Serre, député. Nous allons analyser ce rapport.

Le gouvernement avait déposé, le 17 octobre 1916, sur le bureau de la Chambre, un projet de loi concernant la création d'un registre de commerce destiné à combler une lacune regrettable de notre législation commerciale. Depuis plusieurs années les commerçants s'étaient plaints de la difficulté qu'ils avaient de se renseigner sur l'existence et le développement des maisons de commerce, faute d'un organe de publicité centralisant toutes les informations indispensables à connaître.

Actuellement la loi française exige que l'autorisation donnée au mineur de faire du commerce soit affichée au tribunal de commerce (art. 2, du code de commerce); que le régime matrimonial du commerçant soit affiché dans la salle d'audience et dans les Chambres de notaires et d'avoués (art. 67 à 70, code de commerce; art. 872, code de procédure civile); que les jugements de faillites soient annoncés dans les journaux (art. 442, code de commerce; loi du 4 mars 1889); que les constitutions de gage sur fonds de commerce soient inscrits sur un registre spécial tenu au greffe du tribunal (loi du 1er mars 1898). On voit donc que ce n'est pas une petite affaire que de se retrouver au milieu de toutes ces complications. La concentration en un seul endroit de tous ces renseignements paraît donc indispensable, d'où la nécessité de créer un registre de commerce qui sera en quelque sorte l'état civil des établissements commerciaux.

M. Louis Serre, après avoir fait l'historique des registres de commerce, fait remarquer qu'ils fonctionnent dans presque tous les pays étrangers sous des formes plus ou moins variables, mais toujours avec le même principe et il examine en particulier la législation allemande et la législation suisse qui lui paraissent être les plus intéressantes. Il fait ensuite l'analyse du projet déposé par le gouvernement français et qui paraît devoir donner entière satisfaction.

Les articles 1 et 2 prévoient la création d'un registre au greffe de chaque tribunal de commerce ou de chaque tribunal civil en faisant fonction. Ce registre sera tenu par le greffier sous la surveillance du président ou d'un juge désigné à cet effet.

D'après l'article 3, tout commerçant français ou étranger ayant son principal établissement en France, toute Société de commerce française, tout commerçant français et étranger ayant son principal établissement à l'étranger et une succursale ou une agence en France doivent se faire immatriculer.

L'article 4 indique les différentes motions dont l'inscription est requise : nom, prénoms, surnoms ou pseudonymes, date et lieu de naissance; nationalité d'origine, ou acquise avec toutes précisions justificatives: autorisations pour les mineurs et femmes mariées; régime matrimonial, objet du commerce, lieu où se trouvent les succursales ou agences en France et à l'étranger, enseigne ou raison de commerce, noms, lieux et dates de naissance des fondés de pouvoir; indications des établissements exploités actuellement ou précédemment dans le ressort des autres tribunaux.

Aux termes de l'article 5, on doit mentionner au registre du commerce, toutes modifications ou changements survenus se rapportant aux faits dont l'inscription est prescrite par l'article 4; tous jugements ou arrêtés de séparation de biens, de corps et de divorce, tout acte rétablissant la communauté dissoute; tout nantissement de fonds de commerce, renouvellement ou radiation d'inscription de créancier gagiste; brevets d'invention exploités ou marques de sa fabrique ou de commerce employées; jugements ou arrêts concernant les conseils judiciaires ou l'interdiction, les faillites, liquidations, cessions de fonds.

Les articles 6 et 7 concernent l'immatriculation des sociétés, des changements ou modifications qu'elles subissent au cours de leur existence, et l'inscription des indications analogues à celles imposées par l'article 4 aux commerçants.

L'article 8 a rapport aux commerçants français ayant leur établissement principal à l'étranger; l'article 9 aux sociétés de commerce étrangères ayant une succursale ou un agence en France.

L'article 10 prévoit un registre du commerce central tenu à Paris, à l'Office de la propriété industrielle, contenant seulement les noms, prénoms des commerçants, date et lieu de naissance, le tout avec références correspondantes au registre de chaque tribunal.

Les articles 11 à 24 donnent les prescriptions générales entre autres :

Toutes les inscriptions doivent être requises dans le mois du fait à inscrire et le greffier ne peut les refuser que si elles sont incomplètes, il n'a ni à les vérifier, ni à les contrôler.

Tout commerçant qui ne fait pas de déclaration est passible d'une amende, il est passible d'emprisonnement si la déclaration est inexacte ou faite de mauvaise foi.

Enfin, l'article 25 décide que, dans les six mois qui suivront la promulgation de la loi, tous les établissements fonctionnant en France devront s'être conformés aux prescriptions qu'elle édicte.

La Commission du Commerce et de l'Industrie émet le vœu que la Chambre votera sans délai ce projet qui empêchera certaines fraudes de se pratiquer et permettra de surveiller les sociétés étrangères qui nous avaient envahis avant la guerre.

L'allaitement maternel dans les établissements industriels ou commerciaux.

Le « Journal officiel », du 13 avril 1917, annexe n° 3019, documents parlementaires de la Chambre, séance du 16 février 1917 nous fait connaître une proposition de loi tendant à assurer aux femmes occupées dans les établissements industriels ou commerciaux la possibilité d'allaiter leurs enfants, présentée par M. Doizy député. Nous résumerons sommairement les motifs exposés par M. Doizy.

La raréfaction de la main-d'œuvre masculine, la différence de salaires à rendements égaux urgente de la production industrielle intense ont nécessité l'emploi sur une grande échelle de la main-d'œuvre féminine.

Digitized by Google

Le séjour de la femme aux usines est particulièrement regrettable à tous points de vue et, en particulier, au point de vue de sa santé. Il peut se faire, que, dans un avenir plus ou moins lointain, nous soyons forcés d'interdire à la femme la porte de l'atelier pour sauver la race. Actuellement ce serait une utopie, les besoins de la défense nationale exigeant le concours de tout Français homme ou femme. Mais, si nous ne pouvons dès maintenant prendre toutes les mesures nécessaires pour repeupler la France et lui faire reprendre son rang, il est de toute urgence de sauver le plus d'existences possible.

C'est pendant la première enfance que la mortalité est la plus forte ; et les statistiques médicales ont montré que la mortalité des enfants élevés au biberon est de 12,65 pour 100 vingt-huit fois supérieure à celle des enfants élevés au sein (0,44 pour 100). Comme conséquence, il est donc nécessaire d'assurer l'allaitement maternel aux enfants des femmes employées dans les usines et maisons de commerce, en créant des chambres d'allaitement dans le voisinage immédiat de la salle où travaille la mère, en donnant à celle-ci le temps nécessaire à cet allaitement : de plus, il faudrait créer dans les usines employant des femmes, des crèches-garderies pour les enfants sevrés ne pouvant encore aller à l'école maternelle, ces crèches-garderies seraient étroitement surveillées afin d'éviter toute propagation de maladie contagieuse. Il serait équitable que l'employeur, qui fait un gros bénéfice en utilisant la main-d'œuvre féminine, prenne à sa charge les dépenses résultant des dispositions précédentes: ils le feront certainement très volontiers par patriotisme, il y va du salut de notre race.

Voici le texte de la proposition de M. Doizy.

Article unique. — Il est inséré au livre II du code du travail et de la prévoyance sociale un article 19 *b* ainsi conçu :

» Dans les établissements publics ou privés, désignés aux articles 1er et 65, pendant une année à compter du jour de la naissance, les mères qui allaitent leurs enfants disposent à cet effet d'une heure par jour durant les heures de travail.

» Cette heure est indépendante des repos prévus à l'article 14. Elle est répartie en deux périodes de trente minutes, prises, l'une au milieu du travail du matin, l'autre au milieu du travail de l'après-midi.

» Dans ces établissements, une chambre d'allaitement, exclusivement réservée aux enfants au sein, est installée par l'employeur à proximité immédiate de l'atelier. Un règlement d'administration publique, pris après avis conforme du comité supérieur de protection du premier âge, en détermine les conditions d'installation d'hygiène et de surveillance.

» Il est interdit de décompter en aucune façon du montant du salaire journalier l'heure destinée à l'allaitement.

» Une crèche-garderie, établie suivant les prescriptions des décrets pris après avis conformes des conseils supérieurs de l'hygiène publique et de l'assistance publique, reçoit, jusqu'à leur entrée à l'école maternelle ou à l'école primaire, les enfants sevrés des femmes employées dans lesdits établissements. Cette crèche-garderie, installée par le ou les employeurs, peut être commune à plusieurs établissements. »

Le « Journal officiel » du 17 avril 1917, annexe 46 des documents parlementaires du Sénat, donne le rapport fait par M. Paul Strauss, sénateur, au nom de la Commission sénatoriale chargée d'examiner la précédente proposition de loi relative à la protection de l'allaitement maternel. M. Paul Strauss, après avoir prouvé la nécessité de prendre des mesures immédiates, expose ce qui a été déjà fait dans certaines régions de la France et à l'étranger et conclut en proposant, au nom de la Commission sénatoriale, l'adoption du texte suivant :

ARTICLE PREMIER. — Le titre du projet IV *bis* du titre premier du livre II du code du travail et de la prévoyance sociale est modifié comme suit : « Repos des femmes en couches et des femmes allaitant leurs enfants. »

ART. 2. — Sont codifiées, dans la teneur ci-après et formeront les articles 54 *b*, 54 *c*, 54 *d*, 54 *e* du livre II du code du travail et de la prévoyance sociale, les dispositions suivantes :

« *Art. 54* b. — Dans les mêmes établissements, pendant une année à compter du jour de la naissance, les mères allaitant leurs enfants disposent à cet effet d'une heure par jour durant les heures de travail.

» Cette heure est indépendante des repos prévus à l'article 14. Elle est répartie en deux périodes de trente minutes, l'une pendant le travail du matin, l'autre pendant l'après-midi, qui pourront être prises par les mères et les employeurs. A défaut d'accord, ces heures sont placées au milieu de chaque période.

» *Art. 54* c. — La mère pourra toujours allaiter son enfant dans l'établissement. Les conditions auxquelles doit satisfaire le local où la mère sera admise à allaiter son enfant seront déterminées suivant l'importance et la nature des établissements par le règlement d'administration publique prévu à l'article 54 *c*.

» Dans les établissements où les employeurs mettront à la disposition de leurs ouvrières et employées, à l'intérieur ou à proximité des locaux affectés au travail, une chambre d'allaitement satisfaisant aux conditions déterminées par le règlement d'administration publique prévu ci-après, la période de trente minutes ci-dessus fixée sera réduite à vingt minutes.

» *Art. 54* d. — Les chefs d'établissement occupant plus de cent femmes de plus de quinze ans peuvent être mis en demeure d'installer dans leurs établissements ou à proximité des chambres d'allaitement. Ces chambres devront pouvoir abriter un nombre d'enfants de moins d'un an correspondant, d'après la proportion générale observée pour l'ensemble des femmes de plus de quinze ans de la commune, au nombre des femmes de plus de quinze ans occupées par l'établissement.

» Les articles 69 et 70 du présent livre s'appliquent aux mises en demeure prévues par l'alinéa précédent. Les réclamations élevées contre ces mises en demeure sont soumises au comité supérieur de protection du premier âge avant d'être portées devant le comité consultatif des arts et manufactures.

» *Art. 54* e. — Un règlement d'administration publique, pris après avis du comité supérieur de protection du premier âge et du comité consultatif des arts et manufactures, déterminera les mesures propres à assurer l'exécution du présent chapitre, et notamment les conditions d'installation, d'hygiène et de surveillance des chambres d'allaitement affectés aux enfants nourris au sein en totalité ou en partie. »

Arrêté nommant un secrétaire adjoint de la commission des distributions d'énergie électrique.

Le « Journal officiel » du 20 avril 1917 publie p. 3134 l'arrêté suivant pris le 18 avril 1917 par le ministre des Travaux publics et des Transports, nommant un secrétaire adjoint de la commission des distributions d'énergie électrique

Par arrêté du 18 avril 1917, M. Augier, ingénieur des télégraphes, à la disposition du directeur de l'exploitation téléphonique, a été attaché en qualité de secrétaire adjoint à la commission des distributions d'énergie électrique, pour les années 1917 et 1918, en remplacement de M. l'ingénieur Girousse, précédemment mis en disponibilité, sur sa demande.

Le placement des travailleurs et l'institution d'offices départementaux et de bureaux paritaires de placement.

Le « Journal officiel » des 14 avril 1917 et 17 avril 1917 donne, dans les documents parlementaires du Sénat, annexe n° 454 (rectifié *bis*) p. 128, le rapport fait au nom de la commission chargée d'examiner : 1° la proposition de loi de M. Henry Chéron et plusieurs de ses collègues, relative au placement des travailleurs et portant modification des articles 79, 81, 83 à 93, 98 et 102 du livre Ier du code du travail et de la prévoyance sociale ; 2° la proposition de loi de M. Paul Strauss et plusieurs de ses collègues, relative à l'institution d'offices départementaux et de bureaux paritaires de placement, par M. Paul Strauss, sénateur.

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

1re Année. — Tome I. — N° 19. — 12 Mai 1917.

Chronique. — L'organisation de la recherche scientifique en Grande-Bretagne. — Société internationale des Électriciens. — Société française de Physique, p. 721 et 722.

Section scientifique et technique. — Calcul des coups de bélier dans les conduites munies d'un réservoir, par C. Camichel, p. 723. — De la détermination des pertes additionnelles dans le cuivre des machines à courant alternatif, par H. Rikli, p. 727. — Revues, analyses et informations : Nouveau perméamètre, p. 731; Le projecteur Sperry, p. 732.

Section industrielle. — Radiométallographie : le tube, l'appareillage, l'application, par H. Pilon, p. 735. — La locomotive électrique et la traction des trains à grande vitesse, par L. Esbran, p. 740. — Armature Préel pour pied de poteau en bois, par J. R., p. 751. — Revues, analyses et informations : Résultats d'exploitation de l'American Telephone and Telegraph Co en 1915, p. 753; Chauffeur d'air électrique pour le séchage des obus par l'air chaud, p. 754.

Section économique et financière. — Assemblées générales : Société centrale pour l'Industrie électrique, p. 755; Société générale pour favoriser le développement du Commerce et de l'Industrie en France, p. 755. — Revues, analyses et informations : Chambre de commerce, p. 756.

Section de législation. — Les tramways électriques et les accidents qu'ils causent, par Paul Bougault, p. 757. — Législation, jurisprudence, réglementation : La circulaire concernant la répartition du charbon, p. 759; Arrêté nommant des membres de la conférence de la main-d'œuvre, p. 759; Arrêté autorisant l'importation de marchandises, p. 759; Décret relatif aux attributions du sous-secrétaire d'État des Inventions, p. 760; Décret relatif au service du contrôle des installations électriques industrielles, p. 760; Déclaration obligatoire des matières en cuivre, p. 760.

L'organisation de la recherche scientifique en Grande-Bretagne.

— Dans le numéro du 28 avril, nous indiquions comment avait été organisée aux États-Unis la collaboration entre les savants et les industriels en vue de la défense nationale. La note ci-dessous de M. G. Lippmann à l'Académie des Sciences de Paris donne quelques renseignements sur la manière dont cette coopération a été réalisée en Grande-Bretagne.

En Grande-Bretagne, l'initiative émane du Conseil privé de la Couronne, sous la forme proposée par le ministre de l'Instruction publique, M. A. Henderson, dans un projet daté du 23 juillet 1916 et dont voici quelques passages.

« On est entièrement d'accord parmi les personnes qui s'occupent de science et d'industrie pour penser qu'il est particulièrement nécessaire aujourd'hui de créer de nouveaux organes et d'accroître l'aide de l'État, afin d'augmenter et d'organiser la recherche scientifique en vue spécialement de son application au commerce et à l'industrie. Il est certain que beaucoup de nos industries se sont trouvées en souffrance, depuis le commencement de la guerre, par suite de notre impuissance à produire chez nous certains articles ou certaines matières dont la fabrication avait émigré à l'étranger, et particulièrement en Allemagne, parce que là la science avait été plus complètement et plus réellement appliquée à la solution de problèmes touchant au commerce et à l'industrie, et à l'élaboration des procédés de fabrication perfectionnés.

» Il nous est impossible de considérer, sans une très grande appréhension, la situation qui surgira à la fin de la guerre si nous n'avons pas, d'avance, développé et organisé nos ressources scientifiques pour y parer. Il paraît indéniable que, si nous voulons faire progresser, ou même simplement maintenir notre position industrielle, il nous faut, en tant que nation, essayer de développer la recherche scientifique et industrielle afin d'arriver à lutter avec succès contre des adversaires les plus puissamment organisés. Il y a des difficultés évidentes à suivre ce programme pendant la guerre, et nous ne nous les dissimulons pas; mais, d'autre part, nous ne pouvons pas espérer d'improviser un système efficace au moment où les hostilités cesseront. Si en ce moment, nous n'avions pas déjà réalisé un progrès notable, il nous serait certainement impossible de faire le nécessaire dans la période de reconstruction qui suivra la guerre.

» Le présent projet a pour but d'établir une organisation permanente pour le développement de la recherche scientifique et industrielle...

» En conséquence, nous proposons d'établir :

» *a*) Un Comité du Conseil privé responsable des fonds votés à l'avenir par le Parlement pour la recherche scientifique et industrielle.

» *b*) Un conseil consultatif (Advisory Council) responsable envers le Comité, peu nombreux et composé principalement d'hommes de science éminents et d'hommes occupés à des industries qui dépendent de la recherche industrielle.

» L'Advisory Council est chargé de donner son avis au Comité sur toute proposition relative aux questions suivantes : 1° institution de recherches spéciales; 2° création ou développement d'instituts existants; 3° création et attribution de bourses et de places de maîtres (fellow-ships) pour la recherche. »

Le Conseil privé a aussitôt adopté ce projet et nommé le Comité de l'Advisory Council. Le nouvel organisme a fonctionné sans retard et très activement. Le Comité comprend, outre le président du Conseil, les ministres des Finances, de l'Instruction publique, du Commerce et les secrétaires d'État pour l'Ecosse, l'Irlande et les Colonies. L'Advisory Council a été composé de sept physiciens ou chimistes, membres de la Société royale, plus un président adminis-

Digitized by Google

trateur, sir W. Mac Cornick. Celui-ci, au bout de la première année de travail, a rédigé un rapport communiqué au Parlement. Le Parlement à son tour a voté successivement deux subsides de 625 000 et 1 000 000 francs.

On trouvera dans ce rapport une analyse détaillée, faite avec pénétration et une évidente compétence des conditions du problème à résoudre, conditions qui paraissent être les mêmes en France et en Angleterre.

L'auteur rend compte en outre d'une partie des résultats obtenus au bout d'un an et demi par les recherches que le Comité a pu subventionner ; on peut citer, en particulier, le relèvement de certaines industries, telles que l'Optique, qui avaient émigré avant la guerre dans d'autres pays.

Enfin, on rencontre dans le rapport, l'indication du principal souci qui a guidé le gouvernement britannique.

C'est la crainte de ne pas trouver, quand la paix reviendra et que la lutte industrielle recommencera, un état-major scientifique suffisamment nombreux. L'Advisory Council a fait faire dans tout le Royaume-Uni la statistique des personnes qui sortent annuellement des Universités et des écoles techniques, pourvues d'un grade, et pourraient être employées à des recherches, et leur nombre a paru trop faible pour la bataille et l'armée industrielles.

Où trouver le nombre nécessaire de chercheurs instruits ? Telle est la préoccupation déclarée du gouvernement britannique, et le rapport indique avec franchise le remède. Ce n'est rien moins qu'une réforme générale (comprehensive improvement) de l'enseignement public en Angleterre. Il est nécessaire de transformer le système des programmes et des examens en usage, de manière à changer l'atmosphère des Universités, jusqu'à ce qu'on cesse d'opposer l'une à l'autre la « pratique » et la « théorie ». Ces guillemets sont dans le texte officiel.

C'est à cette même préoccupation que répondent les deuxième et troisième parties de la tâche assignée plus haut au nouvel organisme, créations d'institutions nouvelles et de maîtrises de recherches. Comme ces créations ne peuvent se faire en ce moment, et qu'il importe de ne pas laisser le mouvement s'arrêter au moment de la conclusion de la paix, le gouvernement britannique prend une précaution originale pour assurer la pérennité de son œuvre. Par charte royale le Comité du Conseil privé est transformé en un Trust, intitulé Impérial Trust for the Encouragement of scientific and industrial Research. C'est donc un trust très spécial qui comprend plusieurs ministres et en particulier celui des Finances.

D'autre part, le président du Conseil a annoncé que le chancelier de l'Échiquier est disposé à demander au Parlement, des crédits annuels considérables (very large sums) suffisants pour assurer le fonctionnement. De plus, il doit demander au Parlement, par dérogation au principe général du vote annuel des crédits par le Parlement, que celui-ci accorde par avance ces crédits pour les cinq années qui vont venir ; c'est une sorte de quinquennat scientifique. L'Advisory Council est d'ailleurs invité à demeurer en contact avec la Société Royale et avec le National Physical Laboratory. En outre, il reste en relation avec les grandes associations d'ingénieurs du Royaume-Uni. Les cinq associations principales, celles des ingénieurs civils, des ingénieurs mécaniciens, des ingénieurs navals, des ingénieurs électriciens, et l'Institut du fer et de l'acier se sont dès l'origine associées, pour demander à être mises en relation avec l'Advisory Council. Le lien a été établi de la manière suivante : les Associations d'ingénieurs ont constitué trois Comités, appelés à étudier divers problèmes ; chaque Comité ne comprend qu'une quinzaine de membres, dont la moitié est désignée par l'Advisory Council. Les Comités d'ingénieurs ainsi formés sont chargés de tenir l'Advisory Council au courant des problèmes qui concernent soit la métallurgie du fer et des autres métaux, soit l'industrie minière, soit spécialement celle des combustibles solides et liquides. L'entente est ainsi assurée entre le nouvel organisme créé par le gouvernement britannique et les puissantes associations privées qui existent dans le Royaume-Uni.

Société internationale des Électriciens. — La Société internationale des Électriciens s'est réunie en séance mensuelle le 3 mai dernier, sous la présidence de M. Brylinski. Au début de cette séance il a été donné lecture des projets de statuts qui seront présentés à la prochaine assemblée générale. M. Marius Latour fit ensuite une très intéressante communication sur le compoundage des alternateurs.

Le compoundage, qu'on avait laissé de côté pendant de nombreuses années à cause de l'extension des régulateurs automatiques de tension, a été repris ces dernières années, et il existe actuellement des solutions pratiques qui donnent de bons résultats. M. Marius Latour passe en revue les différents systèmes employés, en particulier l'excitatrice à réaction, le compoundage par transformateur shunt et série, et les excitatrices Boucherot et Leblanc. Nous n'insisterons pas autrement sur cette communication, qui sera prochainement publiée dans la « Revue générale de l'Electricité ».

Société française de Physique. — A la dernière séance de la Société française de Physique, du vendredi 4 mai, présidée par M. J. Violle, membre de l'Institut, M. J. Lemoine a présenté, au nom de M. G.-H. Niewenglowski, professeur au lycée de Tunis, deux communications relatives, l'une à une *nouvelle méthode radioscopique de localisation des corps étrangers*, l'autre à une *imperméabilisation improvisée de tous vêtements et chaussures*. M. Ch.-Ed. Guillaume a ensuite présenté les résultats de ses *nouvelles recherches sur l'invar*. Enfin de séance, M. Lebel, l'inventeur du fusil Lebel, a fait une communication, non inscrite à l'ordre du jour, se rapportant aux recherches qu'il poursuit sur ce qu'il appelle le *rayon catathermique*.

Nous reviendrons, dans le fascicule de la « Documentation », sur la méthode radioscopique de M. Niewenglowski ; bornons-nous donc à en indiquer le mode opératoire. On commence par marquer sur l'écran fluorescent l'ombre que donne le projectile, avec un rayon normal, puis on marque sur le blessé le point de sortie (ou d'entrée) de ce rayon. Ensuite, on déplace l'ampoule jusqu'à ce que l'ombre du projectile et celle d'un fil métallique porté par l'ampoule en dehors du plan normal viennent coïncider sur l'écran. Enfin on continue à déplacer l'ampoule jusqu'à ce que l'ombre de ce fil et celle de la marque faite sur le blessé viennent à leur tour en coïncidence. La vitesse du déplacement de l'ampoule nécessité pour passer de la première à la seconde opération, la mesure du déplacement de l'ombre du fil quand on passe de la seconde à la troisième, enfin la mesure de la distance de l'anticathode à la table fournissent tous les éléments nécessaires pour déterminer la distance du projectile à la marque faite sur le corps du blessé.

Nous ne faisons ainsi que signaler la communication de M. Ch.-Ed. Guillaume lequel a déjà présenté sur ce sujet à l'Académie des Sciences, des notes qui ont été signalées dans la « Documentation ».

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

Calcul des coups de bélier dans les conduites munies d'un réservoir d'air

Dans cet article, l'auteur étudie le calcul des coups de bélier de grande amplitude dans les conduites munies d'un réservoir d'air. Ce calcul n'avait pas encore été fait jusqu'ici; on comprend donc facilement l'importance de l'article de M. Camichel qui intéressera au plus haut point les sociétés et les industriels possédant des usines hydrauliques. L'auteur fait le calcul: 1° en supposant que l'air se comprime adiabatiquement; 2° en prenant une compression isotherme. Il donne ensuite les résultats d'une de ses expériences, avec plusieurs courbes à l'appui, qui montrent qu'en pratique la compression est comprise entre une isotherme et une adiabatique; il termine en faisant remarquer que les phénomènes de résonance produits par le fonctionnement d'un clapet automatique dans une conduite munie d'une poche d'air donnent des courbes de surpressions analogues à celles qu'on trouvera dans son article, et promet d'étudier prochainement ces phénomènes.

M. Rateau a publié dans la « Revue de Mécanique » et M. de Sparre dans la « Houille blanche », d'importants travaux sur les coups de bélier dans les conduites munies d'un réservoir d'air; j'ai moi-même étendu les résultats de M. Rateau dans le cas d'une conduite munie de plusieurs poches d'air. Mais, le cas des coups de bélier de grande amplitude n'a pas été étudié, à ma connaissance du moins; je me propose d'indiquer dans ce travail un mode de calcul de ces coups de bélier et de donner des vérifications expérimentales des résultats obtenus (1).

Prenons donc une conduite munie à sa partie inférieure d'un réservoir d'air, de volume suffisant pour qu'on puisse négliger la compressibilité de l'eau et la variation de volume de la conduite. Etudions le cas d'une fermeture de très courte durée.

En désignant par:

L la longueur de la conduite en mètres;

S la section de la conduite en mètres carrés;

v la vitesse de l'eau en mètres par seconde;

H la pression statique en mètres d'eau à l'extrémité de la conduite;

$y = H(1 + z) + P$ la pression en mètres d'eau, au temps t, à l'extrémité aval de la conduite;

P la pression atmosphérique en mètres d'eau;

U le volume de l'air en mètres cubes à la pression y;

U_0 le volume initial à la pression $y_0 = H + P$;

γ le rapport des chaleurs spécifiques des gaz U et c.

(1) Je laisse de côté, dans cet article, la discussion de l'emploi des réservoirs d'air dans les conduites forcées, et en particulier la difficulté provenant de la dissolution de l'air dans l'eau; cette question a été d'ailleurs complètement résolue.

On a les équations suivantes, en supposant que l'air se comprime adiabatiquement :

$$(1)\qquad \frac{L}{g}\frac{dv}{dt} = -Hz, \qquad (2)\qquad \frac{dU}{dt} = -Sv,$$

$$(3)\qquad U = Ay^{-\frac{1}{\gamma}}, \qquad (4)\qquad y = H(1+z) + P.$$

L'élimination de z, U, v entre les quatre équations précédentes donne:

$$My^{-\frac{1}{\gamma}-2}\left(\frac{dy}{dt}\right)^2 - Ny^{-\frac{1}{\gamma}-1}\frac{d^2y}{dt^2} + y_0 - y = 0.$$

En posant:

$$\left(\frac{dy}{dt}\right)^2 = u,$$

on obtient:

$$\frac{du}{dy} = \frac{2M}{Ny}u + 2\frac{y_0 - y}{N}y^{\frac{1}{\gamma}+1},$$

d'où l'on déduit:

$$(5)\qquad \left(\frac{dy}{dt}\right)^2 = -2{,}820\frac{y_0}{N}y^{2{,}71} - \frac{6{,}877}{N}y^{3{,}71} + Cy^{3{,}42} = F(y),$$

avec

$$\frac{v_0^2 S^2 \gamma^2 y_0^{3{,}42}}{A^2} = \left(\frac{dy}{dt}\right)_0^2,$$

$$N = \frac{LA}{Sg\gamma}, \qquad M = N.1{,}71, \qquad y_0 = H + P,$$

$$A = U_0(H+P)^{\frac{1}{\gamma}}.$$

Digitized by Google

En écrivant que : $\frac{dy}{dt} = 0$, l'équation (5) permet de déterminer le maximum et le minimum de pression.

Cette équation admet deux racines qui résolvent la question. En outre, en remplaçant y par y_0 dans la relation (5), on obtient le coefficient angulaire de la tangente à l'origine à la courbe de surpression. En prenant la dérivée du second membre de l'équation (5) et en égalant à zéro, on obtient l'ordonnée du point d'inflexion de la même courbe. Enfin, on construit cette courbe par points par le procédé suivant :

Appelons F (y) le second membre de l'équation (5), on a :

$$t = \int_{y_0}^{y} \frac{dy}{\sqrt{F(y)}}$$

qui donne le temps t par une planimétrie.

En appelant y_M la pression maximum et y_m la pression minimum, la période T sera donnée par la formule :

$$T = 2 \int_{y_m}^{y_M} \frac{dy}{\sqrt{F(y)}}.$$

La courbe représentant $\frac{1}{\sqrt{F(y)}}$ ayant des branches asymptotiques pour $y = y_m$ et $y = y_M$, on se contente de faire la planimétrie entre les limites $y_m + \varepsilon$ et $y_M - \varepsilon$; ε étant très petit.

On peut ensuite faire le même calcul en prenant une compression isotherme. Nous appellerons A' la nouvelle constante :

$$A' = U_0 y_0, \quad N = \frac{LA'}{Sg},$$

on obtient facilement l'équation suivante :

$$(6) \qquad \left(\frac{dy}{dt}\right)^2 = \left(-\frac{2y_0}{N}\cdot\frac{1}{y} - \frac{2}{N}Ly + C'\right)y^2 = F(y),$$

$$(7) \qquad \text{et } C' = \frac{v_0^2 s^2}{A'^2} + \frac{2}{N}(1 + Ly_0).$$

La question se résout de la même façon pour la valeur maximum et minimum de la pression, pour la construction par points de la courbe de surpression et pour la détermination a priori de la période.

Quand Hz est faible vis-à-vis de y_0, les formules précédentes se simplifient ; l'équation (5) peut s'écrire, dans le cas d'une compression adiabatique :

$$\frac{2{,}82}{N}\left[y^{-0{,}71} - y_0^{-0{,}71}\right] + \frac{6{,}877}{N}\left[y^{0{,}29} - y_0^{0{,}29}\right] = \frac{v_0^2 S^2 \gamma^2}{A^2}.$$

En développant en série et négligeant les termes à partir du troisième ordre, on obtient la formule de Rateau :

$$Hz = v_0\sqrt{\frac{L}{g}\frac{S}{U_0}\gamma y_0};$$

de même, dans le cas des compressions isothermes, l'équation (6) peut s'écrire :

$$\frac{2}{N}L\left(1 + \frac{Hz}{y_0}\right) + \frac{2}{N}\left(\frac{y_0}{Hz + y_0} - 1\right) = \frac{v_0^2 S^2}{A'^2},$$

qui donne, toujours avec les mêmes approximations, la même formule de M. Rateau avec $\gamma = 1$.

Expériences. — L'expérience vérifie d'une façon très satisfaisante les formules précédentes et montre, en particulier, que les conditions limites ont été correctement écrites. Les expériences ont porté, en particulier, sur une conduite dans laquelle, on a :

$$L = 18{,}36\text{ m}, \quad S = 50\text{ cm}^2, \quad H = 15{,}5\text{ m}$$
$$T = 1^\circ\text{C}, \quad P = 735\text{ mm de Hg}.$$

Quand les coups de bélier sont petits, la courbe de surpression est de forme sinusoïdale. Au contraire, quand les coups de bélier deviennent considérables, c'est-à-dire lorsque Hz n'est plus négligeable vis-à-vis de y_0, les courbes obtenues, comme le montrent les figures 1 et 2, ont des portions positives beaucoup plus pointues que les portions négatives, c'est-à-dire situées

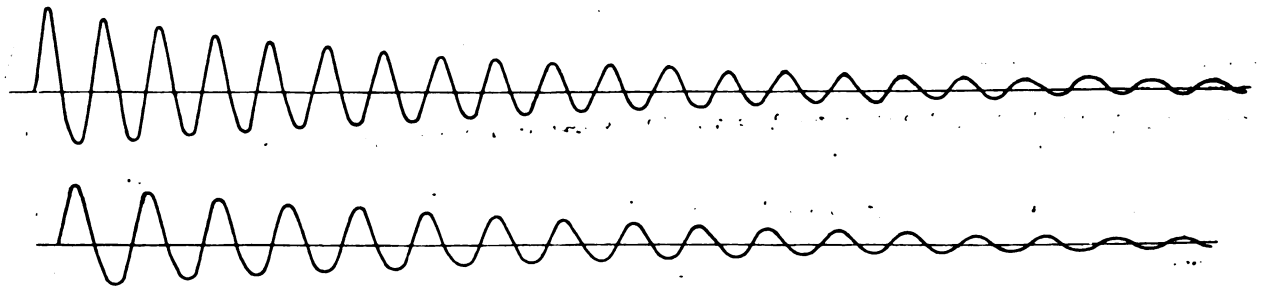


Fig. 1 et 2. — Courbes de surpression dans le cas de coups de bélier considérables : la courbe supérieure est déterminée par le calcul, et la courbe inférieure est obtenue expérimentalement.

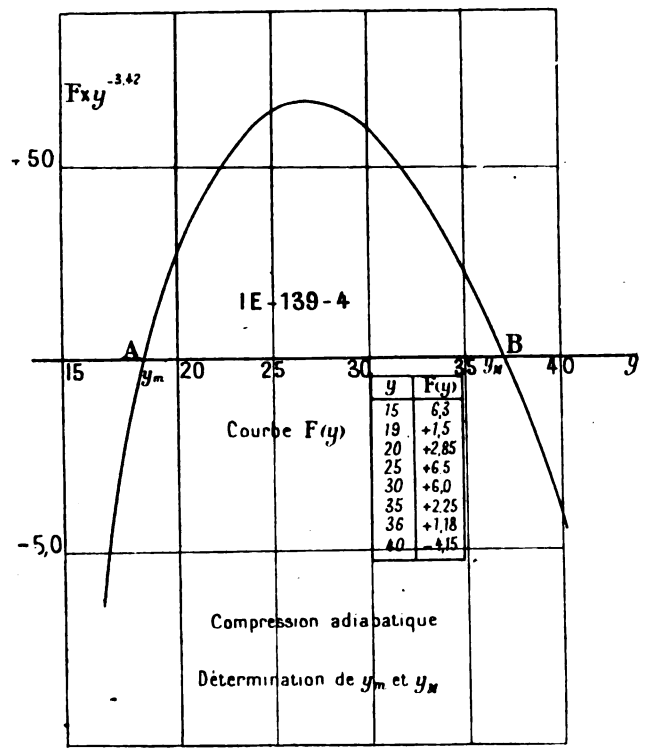
au-dessous de la ligne de pression statique ; la surpression et la dépression deviennent donc très inégales. L'équation rend compte complètement de cette forme ; exemple : expérience IE — 139 — 4. La fonction F (y) est réelle pour les valeurs de y comprises entre 18,2 m et 37,2 m, dans le cas de la compression adiabatique, et

Digitized by Google

entre les valeurs 19,3 m et 35,2 m, dans le cas de la compression isotherme. On trouve les résultats suivants :

	Adiabatique calculée par l'équation.	Observation.	Isotherme calculée par l'équation.
Maximum de y : $y_M = 37{,}2$ m		36,75 m	35,2 m
Minimum de y : $y_m = 18{,}2$ m		19,15 m	19,3 m

pour cette expérience, la valeur de v_0 est : 0,224 m et $U_0 = 490$ cm³ à la pression de 735 mm de mercure.



y	F(y)
15	6,3
19	+1,5
20	+2,85
25	+6,5
30	+6,0
35	+2,25
36	+1,18
40	−4,15

Fig. 3. — Coupe représentative de la fonction F (y) $y^{-3,42}$.

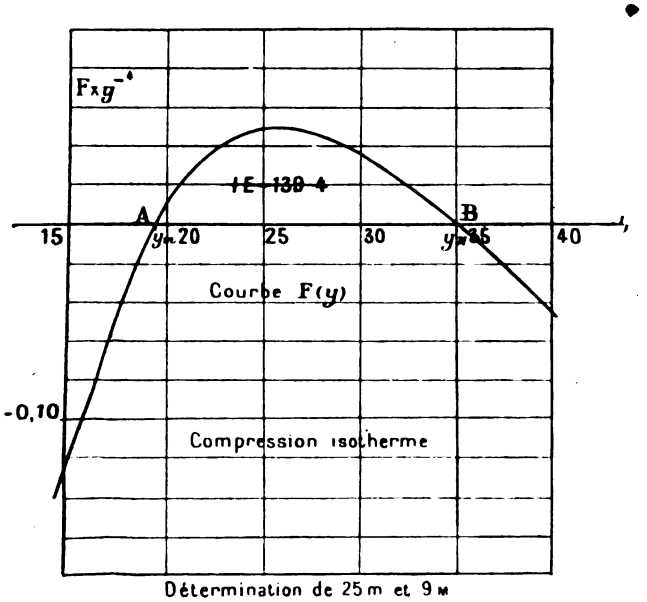


Fig. 4. — Courbe représentative de la fonction F (y) y^{-4}.

Le graphique des surpressions est représenté figure 1, la fonction F (y). $y^{-3,42}$, figure 3 ; et la fonction F (y). y^{-4}, figure 4.

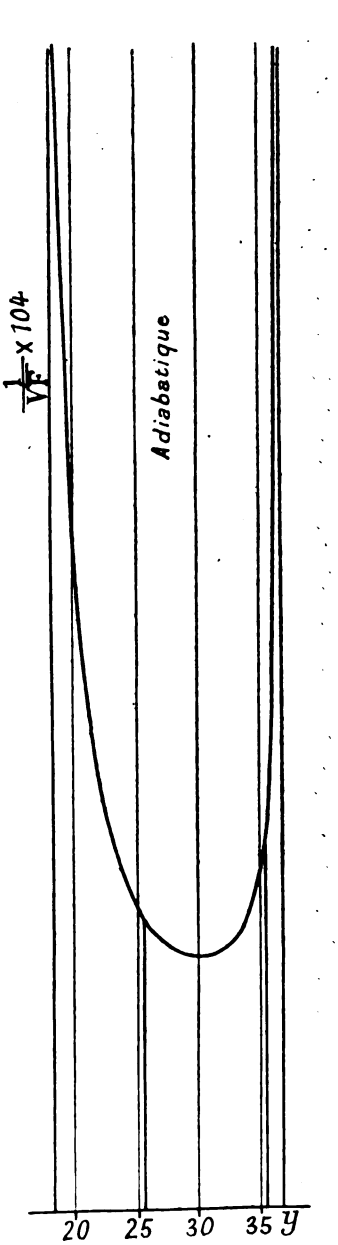


Fig. 5.

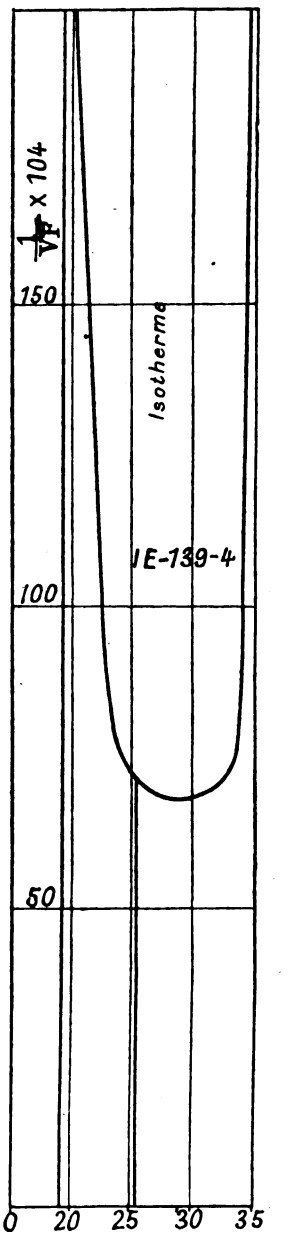


Fig. 6.

Fig. 5. Courbe représentative de la fonction $\frac{1}{\sqrt{F(y)}}$ dans le cas d'une compression adiabatique. — Fig. 6. Courbe représentative de la fonction $\frac{1}{\sqrt{F(y)}}$ dans le cas d'une compression isotherme.

La tangente à l'origine pour la courbe adiabatique donne :

$$\left(\frac{dy}{dt}\right)_0 = 207 \text{ m : s}$$

Digitized by Google

pour la courbe isotherme :

$$\left(\frac{dy}{dt}\right)_0 = 150 \text{ m : s.}$$

Le graphique donne :

$$\left(\frac{dy}{dt}\right)_0 = 187 \text{ m : s.}$$

On voit donc que la compression est comprise entre une isotherme et une adiabatique ; avec des réservoirs d'air à parois métalliques et des périodes assez longues, elle se rapproche davantage de l'isotherme que de l'adiabatique.

Autre exemple de la même série : Expérience $IE = 139 - 2$ $V_0 = 0.190$ m, $V_0 = 720$ cm³ à la pression de 735 mm de mercure.

	Adiabatique.	Observation.	Isotherme.
Maximum de y : y_M =	35,5 m	32,75 m	31,75 m
Minimum de y : y_m =	18,8 m	20,67 m	20,9 m

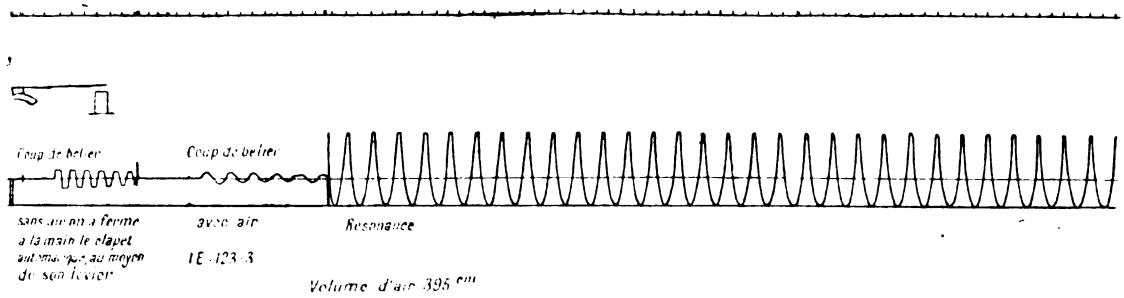


Fig. 7. — Représentation graphique du coup de bélier dans une conduite sans air, puis avec air, le clapet étant maintenu fermé, et phénomène de résonance, le clapet étant abandonné à lui-même.

La courbe représentant les surpressions obtenues expérimentalement est reproduite dans la figure 2. La courbe représentant la fonction $F(y)$. y^{-4} est reproduite dans la figure 4.

Pour déterminer la période, on construit par points les courbes représentant la fonction $\frac{1}{\sqrt{F\,y}}$.

Ces courbes sont représentées par la figure 5, pour la compression adiabatique, et par la figure 6, pour la compression isotherme.

On trouve : pour l'expérience $IE = 139 - 4$;
Période isotherme : 0,278 s ;
Période adiabatique : 0,330 s ;
La période observée est : 0,300 s.

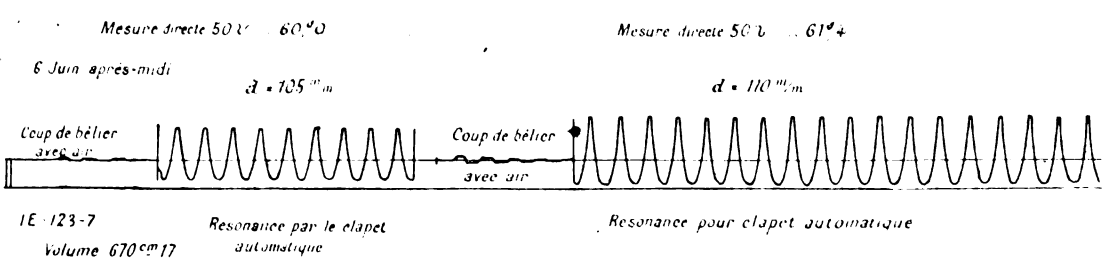


Fig. 8. — Mêmes phénomènes que dans le cas de la figure 7, mais enregistrés dans une autre expérience.

Conclusion. — Pour déterminer la surpression maximum y_M produite par une fermeture instantanée du distributeur dans une conduite munie d'un réservoir d'air à son extrémité aval, on fera usage des équations (5) et (6) ; l'équation (5) donnera une limite supérieure et l'équation (6) une limite inférieure de la surpression cherchée.

Remarque. Les phénomènes de résonance produits par le fonctionnement d'un clapet automatique [1] dans une conduite munie d'une poche d'air donnent des courbes de surpressions analogues aux précédentes. Je reviendrai sur ces phénomènes qui présentent un très grand intérêt ; au point de vue industriel, on remarquera sur la figure 7 : 1° le coup de bélier produit dans la conduite purgée d'air, en fermant à la main le clapet et le maintenant fermé ; 2° le coup de bélier produit dans les mêmes conditions, quand on crée dans la conduite une poche d'air de 3,8 cm³ (mesurée à la pression de 10 m d'eau) et enfin le phénomène de résonance obtenu en abandonnant le clapet à lui-même. La figure 8 donne un autre exemple de phénomène de résonance.

C. Camichel,
Directeur de l'Institut électrotechnique de Toulouse

(1) *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, t. CLXIII, p. 224 ; *La Revue électrique*, t. XXVI, p. 291.

Digitized by Google

De la détermination des pertes additionnelles dans le cuivre des machines à courant alternatif

Dans les machines à courant alternatif, l'échauffement dû au courant est plus élevé que celui correspondant aux pertes ohmiques RI^2; cela tient à ce qu'il y a des pertes dans le cuivre provoquées par les courants de Foucault engendrés par le champ alternatif produit par le courant induit. Dans les pièces massives ces pertes ne peuvent être déterminées par le calcul, mais il n'en est pas de même pour celles qui se produisent dans les enroulements fermés. Rogowski a donné une méthode de calcul. L'auteur donne ci-contre les résultats d'expériences faites par la Société Oerlikon qui montrent l'exactitude des méthodes de calcul de Rogowski. Ces résultats indiquent de plus le grand avantage que l'on a, au point de vue des pertes, à remplacer les barres massives d'enroulement par des câbles tressés et pressés.

Il est un fait connu que, dans les machines à courant alternatif en charge, l'échauffement dû au courant représente des pertes souvent beaucoup plus grandes que les pertes ohmiques données par le produit RI^2.

Ce supplément de pertes, par rapport au produit RI^2, est constitué par les *pertes additionnelles dans le cuivre* dues au champ alternatif engendré par le courant de l'induit. Ce champ alternatif, appelé champ de dispersion du stator, ferme son circuit magnétique à travers l'induit et en partie aussi à travers l'inducteur; il donne naissance, dans toutes les parties métalliques qu'il traverse, à des courants de Foucault qui, suivant les dimensions et la conductivité de ces parties et suivant aussi l'intensité du champ dans ces différentes régions, sont la source de pertes importantes. Une partie de ces pertes additionnelles ne peut pas être déterminée par le calcul, en particulier les pertes dans toutes les parties massives de la machine, car il n'est avant tout pas possible de déterminer l'intensité du champ dans chacune de celles-ci. Par contre, pour les régions où le champ est le plus intense et où, par conséquent, les pertes additionnelles sont relativement les plus élevées, comme c'est le cas pour les parties d'enroulement enfermées dans les rainures du stator, la détermination de ces pertes est fort possible.

Toute une série d'articles ont déjà paru dans différents périodiques au sujet de la détermination de ces pertes. Je ne rappellerai ici que le travail de W. Rogowski sur les pertes additionnelles dans le cuivre, les hauteurs critiques de cuivre dans une rainure et la condition critique de résistance d'une machine à courant alternatif, paru dans « Archiv für Elektrotechnik », 1913, vol. II, cahier 3.

Cette étude présente, d'une façon particulièrement claire et visible, une image des conditions qui régissent les pertes additionnelles dans le cuivre placé dans la rainure d'une machine à courant alternatif et donne la possibilité, à l'aide de quelques formules simples et quelques abaques, de calculer ces pertes pour tous les cas qui peuvent se présenter.

En connaissance du danger que présente l'emploi de barres de toute section, par le fait de l'échauffement que les grandes pertes additionnelles y provoquent, les Ateliers de Construction Oerlikon font usage, depuis bien des années, pour les conducteurs de stator à grande section, de câbles tressés et pressés en forme de barres.

L'article de Rogowski, mentionné ci-dessus, nous amena à prêter une plus grande attention à ce sujet. En particulier, nous tenions à nous rendre compte de l'utilité des câbles pressés sous formes de barres et à vérifier en même temps, expérimentalement, les formules données par Rogowski. Nous avons eu l'occasion de faire des essais aux Ateliers de Construction Oerlikon sur différentes machines et toujours pour le cas de 1 conducteur par rainure; nous nous proposons de donner ici quelques résultats de ces essais.

La mesure des pertes en watts fut faite directement pour chaque conducteur séparé; celle-ci ne put naturellement pas se faire au moyen d'un wattmètre, la tension entre les extrémités du conducteur sous courant étant beaucoup trop petite pour permettre une lecture convenable à un wattmètre usuel. C'est pour cela qu'on releva au moyen d'un oscillographe les courbes de tension et de courant du conducteur. Le courant fut mesuré en même temps directement au moyen d'un instrument de précision; le galvanomètre de l'oscillographe donnant la courbe de tension fut étalonné au moyen de courant continu et avec les mêmes résistances que celles utilisées pour la mesure, afin que la tension effective aux extrémités du conducteur puisse être déduite de l'oscillogramme; en outre, ces oscillogrammes donnaient directement le décalage entre la tension et le courant.

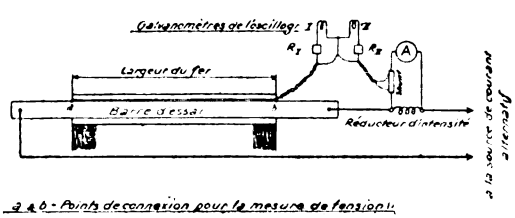


Fig. 1. — Connexions pour la mesure de la tension.

La figure 1 montre la disposition qui fut adoptée pour toutes les mesures. Les fils de connexion pour la mesure de la tension furent appliqués sur la face interne des conducteurs et l'un des fils de mesure fut tiré à plat

Digitized by Google

sur la surface du conducteur jusqu'à l'autre point de connexion, afin qu'aucune des lignes de force extérieures au conducteur n'influe sur la mesure. Pour la même raison, les fils reliant l'oscillographe aux points de connexion furent tordus ensemble.

Le premier essai fut effectué sur un conducteur occupant la rainure d'un turbo-alternateur triphasé de 2 500 kv-A, 525 v et 3 000 t : min des Ateliers de Construction Oerlikon. Les conducteurs de cette machine étaient formés de câbles tressés et pressés de 13 × 36 mm présentant une section effective de 400 mm². Comme conducteur de comparaison, on utilisa une barre de cuivre massive présentant également une section de 13 × 36 = 468 mm². Pour les essais, les deux conducteurs furent placés dans des rainures ouvertes de 21 mm de largeur et 62 mm de profondeur, la largeur du fer du turbo-alternateur était de 1 000 mm.

La figure 2 donne les résultats des essais obtenus

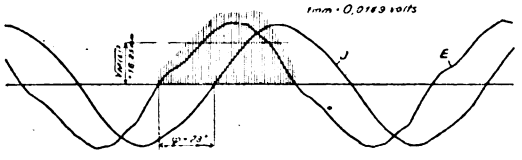


Fig. 2 — Essai avec conducteur tressé 13 × 36.
$I = 995$ A.

avec les conducteurs tressés. L'analyse de ces résultats donne :

Déphasage entre E et $I = 22$ mm.

Une demi-période étant 54 mm, nous avons :

$$\varphi = \frac{180}{54} \cdot 22 = 73^{\circ} \quad \text{et} \quad \cos\varphi = 0{,}293.$$

En planimétrant la courbe de tension, on obtient comme valeur effective de la tension :

$$\sqrt{M(E)^2} = 16{,}25 \text{ mm}.$$

L'étalonnage du galvanomètre de l'oscillographe, dans

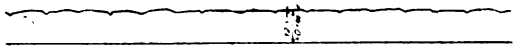


Fig. 3. — Courbes d'étalonnage pour oscillogrammes du conducteur tressé 13 × 36, de la barre massive 13 × 36.

les mêmes conditions, donne, d'après la figure 3 :

$$1 \text{ mm} = 0{,}0149 \text{ v}.$$

d'où

$$E_{\text{eff}} = 0{,}0149 \cdot 16{,}25 = 0{,}242 \text{ v},$$

D'autre part

$$I = 995 \text{ A}.$$

Les pertes en watts deviennent alors :

$$= 0{,}293 \cdot 0{,}242 \cdot 995 = 70{,}8 \text{ w}.$$

La température du conducteur était, dans ce cas, de 42° C. La valeur correspondante des pertes pour du courant continu à la même température est de

$$995^2 \cdot 0{,}000051 = 50{,}5 \text{ w}.$$

Le rapport des pertes entre courant alternatif à 50 p : sec et courant continu était ainsi de :

$$K_{a\,c} = \frac{70{,}8}{50{,}5} = 1{,}40.$$

La figure 4 donne les résultats des essais obtenus avec une barre de cuivre massive de mêmes dimensions

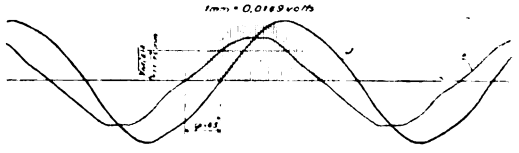


Fig. 4. — Essai avec barre massive 13 × 36.
$I = 1\,010$ A.

extérieures. Ceux-ci donnent d'une manière analogue à celle développée ci-dessus :

$$\varphi = 13{,}5 \text{ mm} = 45^{\circ}, \quad \cos\varphi = 0{,}707.$$

$$E_{\text{eff}} = 11{,}75 \text{ mm} = 0{,}0149 \cdot 11{,}75 = 0{,}195 \text{ v}.$$

$$I = 1\,010 \text{ A}.$$

La perte en watts devient alors :

$$0{,}707 \cdot 0{,}175 \cdot 1010 = 125 \text{ w},$$

à une température de la barre de 40° C.

La valeur correspondante pour du courant continu était de

$$1010^2 \cdot 0{,}0000430 = 44 \text{ w},$$

d'où

$$K_{a.c.} = \frac{125}{44} = 2{,}84.$$

Le rapport des pertes est donc largement le double de celui d'un conducteur tressé de mêmes dimensions ; l'emploi de ce genre de conducteurs est donc plus que justifié.

Le calcul de ce rapport des pertes pour une barre massive, d'après les données de Rogowski, se présente comme suit dans l'étude de Rogowski

$$K_{a.c.} = \varphi(\alpha . h)$$

et comporte un coefficient α donné par la relation

$$\alpha = \sqrt{\frac{\gamma}{50} \cdot \frac{b}{a} \cdot \frac{L}{50}},$$

dans laquelle

γ est le nombre de périodes par seconde, dans le cas ci-dessus $= 50$;

Digitized by Google

b la largeur du conducteur, dans le cas ci-dessus = 1,3 cm;

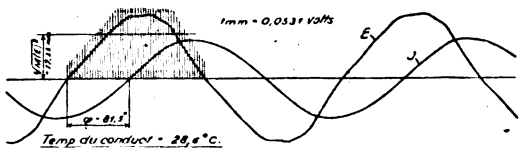


Fig. 5. — Essai avec conducteur tressé 10 × 58.
I — 835 A

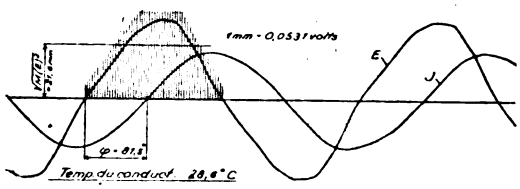


Fig. 6. — Essai avec conducteur tressé 10 × 58.
I — 1 013 A

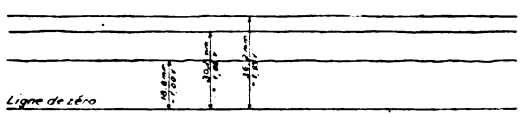


Fig. 7. — Courbes d'étalonnage pour oscillogrammes du conducteur tressé 10 × 58.

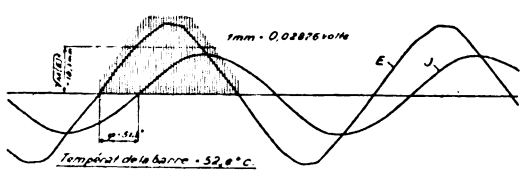


Fig. 8 — Essai avec barre massive 9 × 60.
I — 858 A

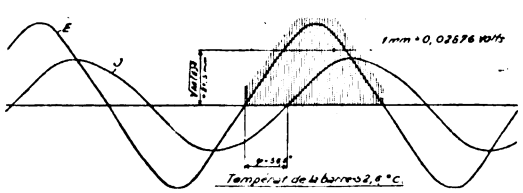


Fig. 9. — Essai avec barre massive 9 × 60.
I — 1 016 A

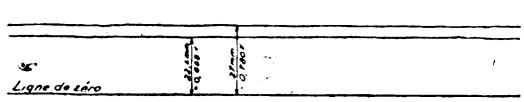


Fig. 10. — Courbes d'étalonnage pour oscillogramme de la barre 9 × 60.

L la conductivité, dans le cas ci-dessus = 50.
On tire de là :

$$\alpha = 0{,}788.$$

a la largeur de la rainure, dans le cas ci-dessus = 2,1 cm;

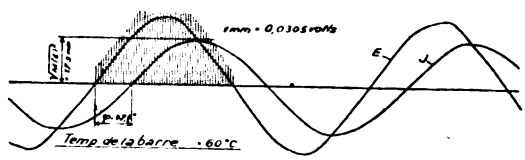


Fig. 11. — Essai avec barre massive d'aluminium 9 × 50.
I — 728 A

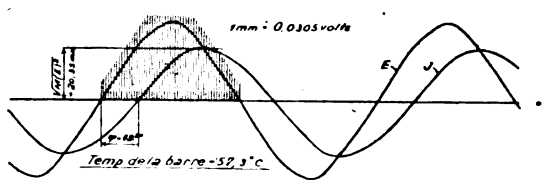


Fig. 12. — Essai avec barre massive d'aluminium 9 × 50.
I — 828 A

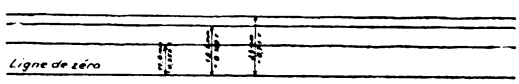


Fig. 13. — Courbes d'étalonnage pour oscillogrammes de la barre d'aluminium 9 × 50.

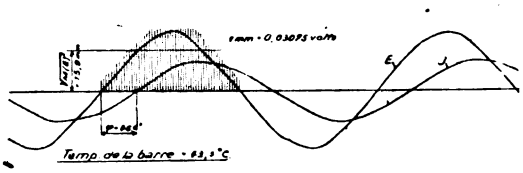


Fig. 14. — Essai avec barre massive d'aluminium 12 × 75.
I — 800 A

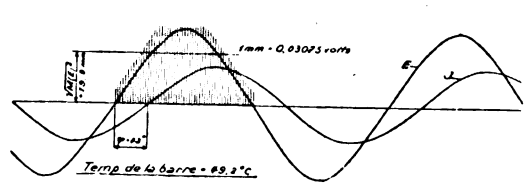


Fig. 15. — Essai avec barre massive d'aluminium 12 × 75.
I — 984 A

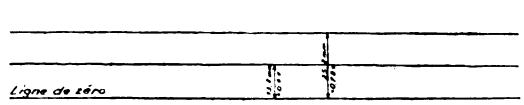


Fig. 16. — Courbes d'étalonnage pour oscillogrammes de la barre d'aluminium 12 × 75.

En outre, la hauteur *h* du conducteur étant pour le cas ci-dessus de 3,6 cm, nous obtenons

$$\alpha . h = 0{,}788 . 3{,}6 = 2{,}84.$$

Digitized by Google

ce qui, en utilisant la courbe $\varphi(\alpha.h)$ de Rogowski, nous donne

$$K_{a.c.} = \varphi(\alpha.h) = 2{,}80.$$

Cette valeur concorde donc avec une grande exactitude avec la valeur mesurée.

D'autres séries d'essais furent exécutées avec un turbo-alternateur triphasé de 15 000 kv-a, 7 000 v, 1 500 tours, des Ateliers de construction Oerlikon, et cela avec les différents conducteurs suivants :

1° Câble tressé et pressé en fils de cuivre, section 10×58 mm²;

2° Barre massive de cuivre de 9×60 mm² de section;

3° Barre massive d'aluminium de 9×50 mm² de section;

4° Barre massive d'aluminium de 12×75 mm² de section.

Les résultats des essais sont caractérisés par les oscillogrammes fig. 5-16; l'analyse de ceux-ci, de même que le calcul des coefficients $K_{a.c.}$ pour les barres massives ont donné les valeurs réunies dans le tableau suivant. Les valeurs obtenues au premier essai figurent également à la fin de ce tableau.

Les essais montrent clairement que l'emploi de conducteurs tressés, au lieu de barres massives, présente d'énormes avantages, surtout si la hauteur du conducteur est grande; ces avantages ne consistent pas seulement dans l'amélioration du rendement, mais surtout, pour les machines à grande vitesse et à grande largeur de fer du stator, les turbo-alternateurs par exemple, dans un abaissement de la température maximum provenant de la plus petite quantité de chaleur à dissiper de l'intérieur à l'extérieur de la machine. Ce rapport des pertes peut être ramené encore beaucoup plus près de l'unité si l'on emploie un conducteur tressé idéal; cependant, les câbles pressés qui furent utilisés ne se montrèrent pas absolument parfaits à cet égard, tout d'abord, ceux-ci ayant été pressés trop fortement, la division de la section totale en un grand nombre de conducteurs de petite section devenait en partie illusoire; d'autre part, pour le câble de 10×58 mm² par exemple, le pas de torsion n'avait pas la longueur voulue, il ne se dévidait pas complètement dans la largeur totale du fer et une petite différence de tension, donnant naissance à des courants internes de circulation, subsistait toujours entre les différents fils du câble.

Les essais avec les barres massives montrent en outre que les valeurs du rapport des pertes $K_{a.c.}$ obtenues concordent, on peut dire, absolument avec les valeurs calculées; ceci est d'autant plus précieux que les formules de Rogowski comprennent quelques relations très simples à l'aide desquelles on est en état d'établir tout de suite, lors d'un projet, ce rapport des pertes.

H. Rikli,
Ingénieur à Zurich.

DIMENSIONS DES RAINURES mm	CONDUCTEUR SOUMIS A L'ESSAI	INTENSITÉ DU COURANT SOUS 50 P : SEC AMPÈRES	TENSION ENTRE EXTRÉMITÉS DU CONDUCTEUR	cos φ	PERTES EN WATTS AVEC COURANT ALTERNATIF 50 P : SEC	TEMPÉRATURE DU CONDUCTEUR PENDANT L'ESSAI DEGRÉ C	RÉSISTANCE DU CONDUCTEUR A LA TEMPÉRATURE DE L'ESSAI OHM	PERTES EN WATTS AVEC COURANT CONTINU	$K_{a.c.}$ MESURÉ	$K_{a.c.}$ CALCULÉ
			volts							
17 × 80	Câble cuivre 10×58	833	0,922	0,1478	114	38,6	0,0000962	67	1,70	
Idem.	Idem.	1 013	1,125	0,1478	168	38,6	0,0000963	98,3	1,70	
Idem.	Barre cuivre 9×60	858	0,596	0,624	281	59,6	0,0000790	58	4,85	4,72
Idem.	Idem.	1 016	0,618	0,580	364	59,6	0,0000790	82	4,45	4,72
Idem.	Barre aluminium 9×50	728	0,546	0,675	268	60,0	0,0001647	87,3	3,06	2,99
Idem.	Idem.	848	0,620	0,650	338	57,3	0,0001632	111,5	3,03	3,00
Idem.	Barre aluminium 12×75	800	0,490	0,687	269	43,5	0,0000802	51,3	5,25	5,28
Idem.	Idem.	984	0,612	0,731	439	49,2	0,0000821	81,0	5,42	5,22
21 × 63	Câble cuivre 13×36	995	0,242	0,393	70,8	42,0	0,0000510	50,3	1,40	
Idem.	Barre cuivre 13×36	1 010	0,175	0,707	125	40,0	0,0000430	44,0	2,84	2,80

Digitized by Google

Revues, analyses et informations

Nouveau perméamètre (1).

L'instrument décrit ici est un perméamètre de haute précision, dépourvu de complication, et construit de telle façon qu'il peut servir soit à comparer les perméabilités de deux échantillons, l'un d'eux servant d'étalon, soit à mesurer les constantes de perméabilité et d'hystérésis d'un seul échantillon.

Les circuits magnétiques. — Les figures 1 et 2 représentent une élévation et un plan de l'appareil; sur la base B est monté un noyau magnétique en forme d'H afin de constituer des

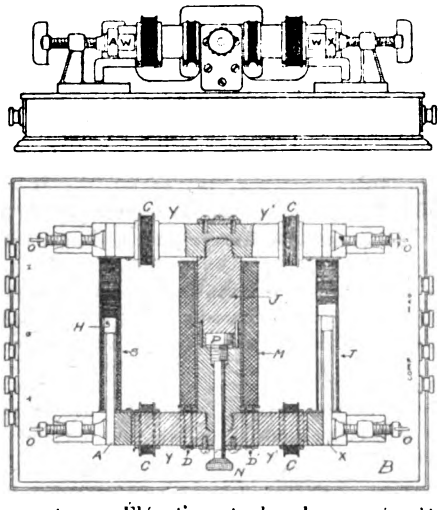


Fig. 1 et 2. — Élévation et plan du perméamètre.

circuits magnétiques symétriques, chacun d'eux ayant en commun la traverse J et étant complété, pour l'un par les noyaux Y, Y; pour l'autre, par les noyaux Y', Y'. La traverse J est divisée, en son milieu, en deux sections séparées par un petit entrefer qui peut être maintenu plus ou moins ouvert par un piston à vis P de métal magnétique, manœuvré par la tête N. Les extrémités des bras YY et Y'Y' sont adaptées pour recevoir les échantillons à essayer. Un échantillon-type A, dont les caractéristiques magnétiques sont connues, réunit les bras Y; l'échantillon à essayer X réunit les bras Y'. Les vis O fixent les éprouvettes en place. L'entrefer d'air de la traverse J sert à créer une force démagnétisante à l'intérieur du noyau; quand il est ouvert le plus largement possible, les pôles magnétiques créés, quand le courant magnétisant est coupé au moment du renversement du courant, sont une aide puissante pour réduire les constantes de temps des circuits magnétiques. Cette force démagnétisante peut être réglée pour réduire à une valeur négligeable le champ magnétique dans la région occupée par l'échantillon à essayer, champ qui est dû aux propriétés résiduelles du noyau lui-même. Sous cette dernière condition, les mesures directes d'induction résiduelle sont simplifiées.

La force magnétomotrice est appliquée en deux endroits: d'abord sur un noyau transversal J au moyen du courant dans la bobine magnétisante M; et ensuite elle est distribuée par parties égales sur Y et Y' au moyen d'un courant dans les bobines de compensation C. Les courants dans les bobines M et C sont réglables individuellement. Les bobines indiquées D, D', S et T ont chacune le même nombre de tours et sont placées comme l'indique la figure. Une bobine H, d'un grand nombre de tours, est enroulée sur le même noyau que la bobine S. Les bobines S et T ont la même section moyenne.

La figure 3 montre les flux dus aux forces magnétomotrices engendrées par les courants des bobines M et C. Le champ magnétique dû au courant dans la bobine magnétisante M a la direction indiquée par les flèches, ou l'inverse, selon le sens du courant. Le champ dû au courant dans les bobines de compensation C a la direction indiquée par la ligne pointillée. On voit que, lorsqu'un courant parcourt les

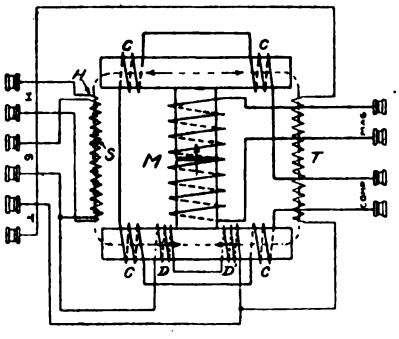


Fig. 3. — Circuit magnétique et connexions électriques.

bobines magnétisante M et de compensation C, un des circuits magnétiques a la force magnétisante due à la bobine M, augmentée de la force due au courant des bobines de compensation, tandis que l'autre circuit a la même force magnétomotrice diminuée de la même quantité.

Connexions électriques intérieures. — Les bobines magnétisante et de compensation sont connectées aux bornes marquées « Mag » et « Comp » (fig. 3).

Les bobines S, D, D' et T sont en permanence réunies en série et connectées aux bornes S et T. Ces séries sont établies de telle façon que, au moment de l'inversion du courant dans la bobine magnétisante M, la force électromotrice induite dans les bobines S et D' agit en sens opposé de la force électromotrice simultanément induite dans les bobines D et T. Le perméamètre est initialement réglé de façon que l'effet différentiel des deux forces électromotrices soit nul quand aucun échantillon n'est placé dans l'appareil. La bobine H sert à connaître la différence de potentiel magnétique à ses extrémités quand elle embrasse l'air seulement. La chute de potentiel magnétique, par unité de longueur de l'enroulement H, est égale à la moyenne de la force magnétisante. On se sert d'un galvanomètre d'Arsonval considérablement amorti.

1° *Détermination approximative de l'induction par comparaison.* — L'étalon A, dont on connaît l'induction, est placé dans la bobine S, et l'échantillon inconnu X, dans la bobine T. La bobine magnétisante M est excitée, soumettant l'étalon et l'échantillon aux effets de la même force magnétomotrice et la déviation du galvanomètre, due au renversement du flux dans la bobine S résultant d'une inversion de courant en M, est lue. Le galvanomètre est

(1) Frank-P. Fahy. *Electrical World*, 17 février 1917, p. 315-317; 3 150 mots, 3 fig.

Digitized by Google

alors connecté à la bobine T et la déviation est observée quand le courant en M est de nouveau renversé. L'induction correspondante à la déviation due à la bobine S, rapprochée du chiffre connu du spécimen A, indique la force magnétisante à laquelle les deux spécimens sont soumis. La déviation due à la bobine T indique l'induction dans le spécimen X. (Les deux inductions observées sont, naturellement, sujettes à une correction à cause de la différence de section des barres et des bobines.) On obtient ainsi tous les points de la courbe d'induction de X.

2° *Détermination précise de l'induction par comparaison.* — Si la différence entre les flux traversant les bobines D' et T est moindre que la différence entre les flux en D et S, le galvanomètre dévie quand le courant en M est inversé, déviation qu'on réduit à zéro au moyen d'un courant dans les bobines de compensation C; ces bobines sont ainsi excitées jusqu'à ce que la force magnétomotrice dans le circuit magnétique comprenant l'échantillon X augmente au delà de celle due au solénoïde principal seul, tandis que la force magnétomotrice dans le circuit comprenant l'étalon décroît. La grandeur de cette force magnétomotrice de compensation est réglée jusqu'à ce que, au moment de l'inversion simultanée des courants de compensation et de magnétisation, la déviation résiduelle du galvanomètre soit nulle. Ce réglage doit être fait pour la détermination de chaque point de la courbe d'induction.

3° *Détermination absolue de l'induction.* — L'étalon est retiré du perméamètre. La compensation doit être effectuée comme ci-dessus, excepté si on désire seulement des résultats approchés. Les mesures de la force magnétisante et de l'induction sont faites au moment de l'inversion simultanée des courants en M et C. La déviation du galvanomètre connecté en H donne directement la force magnétisante agissant sur X. L'induction est lue au galvanomètre connecté en T.

4° *Détermination absolue de l'hystérésis.* — Elle se fait sans l'emploi d'un étalon ; la force magnétisante est lue en H et l'induction en T comme ci-dessus.

Induction résiduelle. — Le courant dans M est réduit à zéro et la compensation est réalisée pour le maximum d'induction désirée ; on fait ensuite varier le courant de compensation jusqu'à ce que, le galvanomètre étant connecté à S, D, D' et T en série, la déviation résiduelle soit nulle. Revenant à la condition du maximum d'induction, la déviation due à ces variations de courant est observée, le galvanomètre étant connecté en H et ensuite en T. Si le réglage de l'entrefer est bien fait, la force magnétisante sera zéro quand le courant en M sera nul.

Force coercitive. — La compensation est effectuée pour l'induction maximum désirée, comme ci-dessus. Le courant en M est inversé et en même temps réduit, tandis qu'on fait varier le courant de compensation jusqu'à ce que la déviation du galvanomètre due à la bobine T indique une induction nulle. Ces réglages doivent être faits sous la condition que la déviation résiduelle due aux bobines S, D, D' et T soit nulle. La déviation due à la bobine H, lorsqu'on annule les courants magnétisants et de compensation, indique la force coercitive (1). P. V.

(1) Rappelons que *La Lumière électrique* (11 mai 1912), et *La Revue électrique* (20 mai 1912) ont publié la description d'un intéressant perméamètre, dû à M. Iliovici, ancien chef de travaux à l'École supérieure d'électricité. Cet appareil, construit par la Compagnie pour la Fabrication des Compteurs et Matériel d'Usines à gaz, est tout à fait au point, et l'usage s'en répand de plus en plus dans l'industrie, où sa précision et sa commodité d'emploi l'ont fait grandement apprécier.

Le projecteur Sperry (1).

Le projecteur Sperry a déjà été l'objet de nombreuses descriptions. Notre confrère *The Electrician* donne à son sujet quelques nouveaux renseignements que nous résumons ci-dessous.

Rappelons toutefois que, dans la lampe employée pour ce projecteur, le point lumineux est fourni par des gaz incandescents dans le cratère du charbon positif. L'éclat ainsi obtenu est de 500 bougies par mm² au lieu de 150 données par les lampes à arc ordinaires. Pour arriver à ce résultat, on utilise un charbon positif à âme minéralisée, destinée à fournir les gaz. L'âme étant préparée de façon à brûler plus vite que l'enveloppe, il se forme un cratère où ces gaz s'accumulent.

Le charbon est animé d'un mouvement de rotation sur son axe de façon à maintenir son usure parfaitement égale. Son support est à prises d'air et est traversé par un courant d'air provenant d'un souffleur ; ce vent sert aussi à diriger la flamme négative qui maintient la vapeur incandescente dans le cratère positif.

Le diamètre des charbons est petit. Pour un projecteur de 0,90 m, le charbon positif n'a que 16 mm de diamètre ; on les fait longs de un mètre pour pouvoir brûler cinq heures sous 150 A.

Le charbon négatif a 11 mm de diamètre et seulement 0,30 m de longueur : il est recouvert d'une très légère feuille de cuivre.

Une des parties les plus intéressantes de l'appareil est le système de contrôle thermostatique par lequel l'arc est automatiquement maintenu au foyer du miroir avec un réglage parfait.

Description du projecteur Sperry. — Les parties principales d'un projecteur sont : le réflecteur, les électrodes et le mécanisme de la lampe.

Les réflecteurs à miroir d'argent parabolique ayant déjà atteint un très haut degré de perfection, les inventeurs se sont tournés vers les deux autres parties, afin d'intensifier la puissance lumineuse.

Jusqu'à présent, c'est le cratère positif de l'arc voltaïque qui a servi de source de lumière pour les projecteurs ; le charbon donne à cet endroit 150 bougies par mm². Comme le carbone est la moins volatile des substances connues, on croyait que ce chiffre ne saurait être dépassé.

Divers essais avaient été faits pour imprégner les charbons de matières particulières afin d'obtenir une flamme très blanche au positif. Cette flamme, quoique ayant une intensité moindre en bougies au mm² que le point incandescent du charbon positif, donnait cependant plus de lumière par suite de sa surface plus étendue.

Ces arcs à flammes étaient, par cette raison même, inutilisables dans les projecteurs.

Mais des observateurs avaient remarqué qu'un point très brillant apparaissait parfois au positif ; ce point était produit par les vapeurs surchauffées provenant de certaines substances des charbons imprégnés. On arriva à agrandir ces centres brillants en augmentant la dose des substances actives, mais ils demeuraient toujours instables et papillotants.

Enfin, en employant un charbon positif terminé par un cratère profond, et en faisant passer un courant de grande intensité, on arrivait à confiner, dans ce creux, les vapeurs incandescentes, en dirigeant sur elles la flamme émise par le

(1) Le projecteur Sperry *Electrician*, 2 février 1917, t. LXXIX, p. 542-544, 3 600 mots, 3 fig.

Digitized by Google

charbon négatif. De la sorte, on obtenait une intensité lumineuse trois fois plus grande que celle des lampes à arcs ordinaires.

Quoique le principe de l'introduction de matières lumineuses dans la fabrication des charbons soit maintenu, le caractère de l'arc Sperry est tout différent de celui de l'arc à flamme par cela même que la source lumineuse est maintenue dans le cratère positif au lieu de se trouver dans une flamme au-dessus du charbon. L'utilisation de la luminosité des gaz incandescents est donc inséparable de leur concentration dans un espace restreint, et tous les efforts des constructeurs ont convergé vers ce but.

La formation du cratère est effectivement dépendante des électrodes, mais la grande difficulté consiste dans le mécanisme de la lampe qui règle ce cratère et dont tout le reste dépend.

La Sperry Gyroscope Co emploie des charbons spéciaux étudiés en vue de la formation du cratère nécessaire et des gaz en question ; ils donnent un arc parfaitement stable de lumière blanche dont la brillance est de 500 bougies par mm².

Les essais ont démontré que, à dimension égale, le projecteur Sperry donnait, sur le but, un éclairement 11 fois plus grand que les projecteurs ordinaires de la marine.

Une autre grande difficulté était le refroidissement du positif pour éviter l'usure en pointe du charbon, qui empêcherait la formation du cratère prévu. Dans ce but, et délaissant tous les procédés connus, la Sperry Co se sert tout simplement d'un fort courant d'air émis par un souffleur placé à la base de la lampe ; le vent passe à travers le support creux de l'électrode, contourne les ailettes du radiateur fixé au porte-charbon, rafraîchit l'extrémité du charbon, et sert en même temps d'écran protecteur entre le support positif et l'arc, ce qui permet de donner à la lampe une inclinaison quelconque, sans mettre en danger l'armature positive.

Le charbon positif est donc à la fois éventé et tournant, ce qui implique un mécanisme compliqué. Par suite de la longueur et la minceur de ces charbons, on ne peut ni les fixer, ni les alimenter de courant, par l'extrémité seule.

La flamme négative, qui presse et maintient le gaz incandescent dans le cratère positif, doit aussi être parfaitement dirigée, afin de ne point trop user les bords ; son angle d'incidence a été calculé avec soin pour chaque dimension de lampe, et l'armature négative construite en conséquence.

Étant donnée la quantité des gaz de combustion formés par l'intensité même de l'arc, il est toujours nécessaire de ventiler l'intérieur de la lampe, et cela est fort difficile, vu l'extrême sensibilité des arcs. Dans la lampe Sperry, l'aération se fait automatiquement par l'intervention du souffleur dont il est parlé plus haut, et dont le courant d'air entraîne au dehors les gaz, vapeurs, fumées, etc...

Les recherches ont permis d'établir une flamme négative assez petite pour ne pas déranger la symétrie de l'arc, et de réduire au minimum la flamme dite de queue.

Pour éviter l'oxydation et aussi l'échauffement dû à la résistance de l'électrode, les charbons négatifs sont construits en carbone pur et entourés de cuivre. Ce fourreau métallique est assez mince pour ne point fondre, mais se volatiliser au fur et à mesure de l'usure du charbon.

La figure 1 montre l'ensemble de la lampe Sperry ; on y voit la cavité renfermant les gaz incandescents et fermée par la flamme produite par les charbons en combustion. Cette flamme est formée de deux parties ; la grande est la négative, la petite est la positive ; elles s'élèvent ensemble sous l'action du courant d'air.

Ces flammes sont peu lumineuses et n'influent pas sur la constance du faisceau.

Si l'on fait fonctionner la lampe sous 100 ampères et moins, les gaz lumineux s'échappent de leur cratère et illuminent la flamme positive qui prend alors l'aspect d'un arc à flammes. Mais le charbon positif s'use alors irrégulièrement, des morceaux en tombent, et la lampe est bientôt hors d'usage.

La figure 2 montre les courbes d'intensité en bougies des

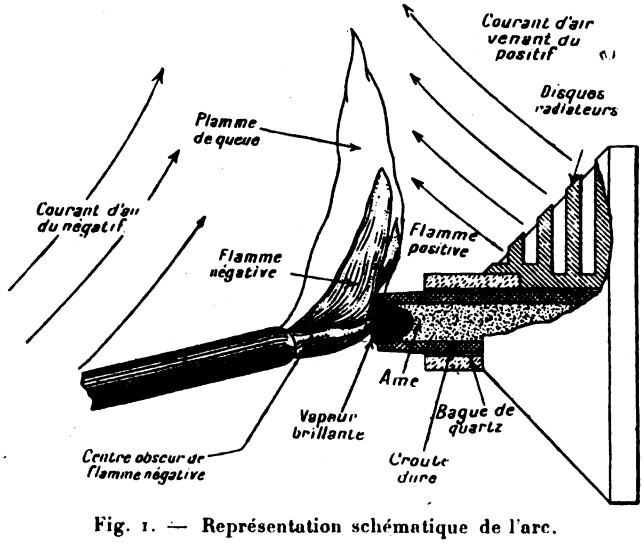


Fig. 1. — Représentation schématique de l'arc.

arcs Sperry comparés aux arcs au charbon ordinaires. Les modèles utilisés étaient ceux de 0,90 m et de 1,50 m de diamètre.

Le maximum donné par la lampe de 0,90 m est de 44 000 bougies avec un petit angle pour l'arc au carbone, tandis que l'arc Sperry donne 104 000 bougies avec un bien plus grand angle. Dans les derniers essais, on est même arrivé à 112 000 bougies.

T étant l'intensité théorique du faisceau ;
D le diamètre du miroir ;
d le diamètre du cratère à gaz ;
p le quadruple de la distance focale ;
I l'intensité moyenne hémisphérique,

la formule théorique de l'intensité en bougies du rayon lumineux est la suivante :

$$T = \frac{D^2}{d^2} \times \frac{p^2}{p^2 + D^2} I.$$

La puissance du projecteur sans diaphragme, ou avec diaphragme à iris est de 73 pour 100 et avec diaphragme, 65 pour 100.

La figure 3 montre le diagramme et l'aspect général du mécanisme de la lampe. Quelques légères modifications y ont été apportées depuis.

L'air rafraîchissant est envoyé à travers les supports creux des électrodes 3 et 16, par le moteur 20 et le souffleur 22 placés dans le coffre. L'air envoyé au support positif passe sur un certain nombre de disques radiants 12, qui entourent l'extrémité du support près de l'arc, puis s'échappe en haut par une encoche.

L'air envoyé au support négatif le traverse, entoure le

Digitized by Google

charbon et le mécanisme d'avancement. Le courant d'air doit être ici moins fort, l'extrémité négative étant moins chaude que la positive, et enrobée de cuivre.

La rotation du positif 13 est produite par le moteur du souffleur qui fait tourner le porte-charbon avec son support à l'aide d'un engrenage 19, et d'une tige verticale 17. Le courant arrive au positif par un balai d'argent 14, qui est maintenu pressé contre le charbon en rotation par des ressorts 15.

Le support positif est solidement fixé à la boîte de commande, et le charbon positif est poussé à travers son support, comme il a été vu plus haut. Ce mouvement est effectué par le moteur du souffleur à l'aide d'une tige et d'un mécanisme adéquat qui poussent le charbon en place.

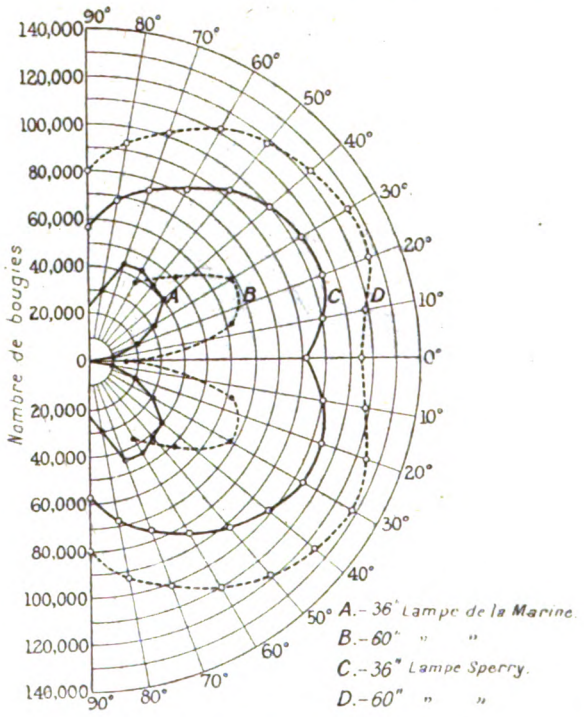


Fig. 2. — Courbes de répartition lumineuse de l'arc Sperry et des arcs ordinaires.

Le cratère est maintenu au foyer du miroir selon l'usure du charbon, soit à la main, par la poignée 21 située dans le coffre, ou automatiquement par le contrôleur thermostatique et un solénoïde.

Lorsque l'opération se fait à la main, le levier 21 permet de régler la vitesse d'avance du charbon, et l'opérateur peut suivre sur un écran de verre muni d'une ligne de repère, l'image du cratère qu'une lentille y projette.

Le contrôleur thermostatique et les solénoïdes font ce réglage automatiquement. Le contrôleur thermostatique 18 est fait de deux bandes de métal fixées à une extrémité; l'autre extrémité est attachée à des leviers multiplicateurs.

Ces leviers ont, à leurs extrémités, des contacts qui s'ouvrent lorsque les rayons issus du foyer d'un miroir frappent une des bandes de métal.

Le miroir et le contrôleur thermostatique sont montés de telle façon que le rayon réfléchi de l'arc ne frappe pas la bande quand le cratère est bien placé. Aussitôt que le cratère se rapproche plus du miroir que le foyer de celui-ci, le rayon réfléchi tombe sur l'une des lames, le contact s'ouvre, et le charbon cesse automatiquement d'avancer jusqu'à ce que l'usure lui ayant rendu sa place normale, le rayon se détourne, le contact se referme, et l'avance normale reprend.

Etant donné que l'on ne peut que ralentir la marche du charbon par ce procédé, et non la hâter, on monte toujours en activant un peu la vitesse.

D'après les essais, ni la température ambiante, ni le vent, n'affectent l'action du contrôleur thermostatique.

Le charbon négatif est aussi poussé à travers son support; l'avancement en est contrôlé par le solénoïde shunt 11 et le ressort 9. Ce solénoïde est connecté en série avec l'arc et commande une série de leviers, selon que le voltage augmente ou diminue, de façon à obtenir du moteur qu'il avance ou recule le charbon selon les nécessités.

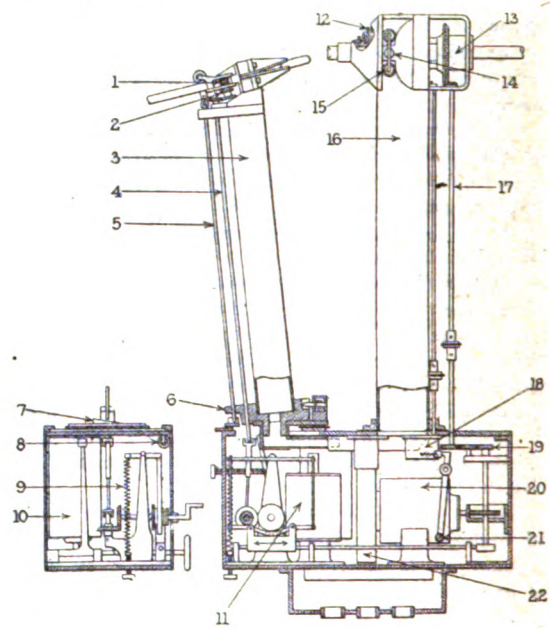


Fig. 3. — Disposition du mécanisme de la lampe.

Le voltage de l'arc peut être réglé par le ressort 9 contrebalançant le solénoïde shunt. Le mouvement avant ou arrière du charbon est obtenu à l'aide de roues dentées 1, qui y mordent; ces roues sont commandées par le mécanisme régularisateur de tension du coffre, par la tige verticale 4.

Le charbon négatif est incliné de 14 degrés sur l'horizontale, et le jet de flamme négative dirigé vers le positif. Le support négatif a été étudié spécialement en vue de projeter aussi peu d'ombre que possible sur le miroir.

Toute l'armature négative peut tourner sur un chariot de 10 degrés vers la droite, pour permettre l'insertion par le devant d'un charbon neuf. Dans ce mouvement, la seconde tige 5 est relevée par une lame 7, et sépare les roues dentées 1, de façon à permettre le chargement.

Le chariot supportant tout le négatif glisse sur un rail monté au-dessus de la boîte de contrôle. Quand le courant ne passe pas, le chariot est relevé par le ressort 8. Lorsque l'arc est allumé, un solénoïde de série 10 le remet en place normale.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

Radiométallographie : le tube, l'appareillage, l'application

L'auteur décrit une nouvelle science, la radiométallographie, qui, grâce à un nouveau tube à rayons X du type Coolidge, permet de déterminer photographiquement les moindres défauts des métaux. Ce nouveau procédé opératoire a l'immense avantage, non seulement de permettre de localiser le défaut d'une pièce, mais encore de vérifier une pièce usinée sans aucune détérioration. L'auteur nous donne une description d'une installation d'un laboratoire de radiométallographie et quelques exemples d'applications de cette nouvelle méthode.

Voir à l'intérieur même des métaux ou plus exactement enregistrer photographiquement leurs moindres défauts, c'est ce que vient de donner à la métallurgie le nouveau tube à rayons X du type « Coolidge ». Sa puissance, ainsi que sa constance, avaient déjà permis de réaliser des recherches importantes, d'ordre purement scientifique, sur le rayonnement et l'analyse spectrale ; elles ont fait rentrer la radiométallographie dans un domaine essentiellement pratique, donnant ainsi aux recherches industrielles un élément d'investigation de premier ordre.

Cette méthode d'examen interne des corps solides vient heureusement compléter les procédés graphiques généralement employés : métallographie, micrographie, etc..., qui sont plutôt des examens de surface. Elle a sur eux l'avantage d'être beaucoup plus simple, plus rapide et de ne réclamer de l'opérateur ni étude, ni entraînement spécial. Dans bien des cas même, elle peut apporter des renseignements tout à fait nouveaux et insoupçonnables autrement. C'est ainsi que, non seulement le défaut d'une éprouvette peut être localisé, mais encore une pièce usinée peut être contrôlée, un montage vérifié, un procédé de fonderie, d'étampage apprécié, sans avoir à procéder sur la pièce à aucune attaque ni à aucune détérioration.

Les applications de la radiométallographie sont sans nombre et les quelques résultats auxquels nous allons faire allusion, parmi les nombreuses expériences que nous avons réalisées, donneront un aperçu de l'immense parti qu'on peut tirer de cette méthode. Au préalable, il nous semble bon de dire quelques mots sur le type d'ampoule à rayons X qui vient de faire faire un tel pas à la physique.

Le tube. — Pour saisir tout l'intérêt que présentent les qualités du tube « Coolidge », dans le cas qui nous intéresse, nous pensons bon de revenir par quelques mots sur le fonctionnement des tubes à rayons X ordinaires. Nous apprécierons mieux les avantages du « Coolidge » et les progrès réalisés par lui.

Dans un tube ordinaire, la décharge entre les électrodes et, par conséquent, l'émission de rayons X dépend du bombardement de la cathode par les ions positifs qui proviennent de l'ionisation du gaz contenu dans l'ampoule et mis en mouvement par le champ créé. La cathode bombardée par ces ions positifs émet des électrons ; le faisceau cathodique, constitué par ces électrons et par les ions qu'ils ont engendrés, mis en mouvement par le champ, vient frapper l'anticathode qui devient alors source de rayons X. La stabilité de fonctionnement d'un tel tube est donc régie par le nombre de molécules gazeuses qu'il doit contenir. En effet, la pénétration des rayons X dépend de la vitesse des particules cathodiques au moment où celles-ci viennent frapper l'anticathode; il est donc indispensable, pour obtenir des rayons ayant une grande pénétration, de raréfier le gaz du tube, les molécules sont moins nombreuses, les collisions pour un même électron sont plus rares et sa vitesse augmente. Mais on arrive bientôt à la limite extrême de raréfaction au delà de laquelle le tube serait « calé », c'est-à-dire n'admettrait plus aucun courant.

En effet, lorsqu'on cherche à obtenir des rayons très pénétrants, ce qu'on appelle fonctionner avec un tube « dur », l'on se trouve alors constamment à la limite de raréfaction au delà de laquelle il ne pourrait passer aucune décharge électrique dans le tube, et cet état ne cesse de se modifier du fait que les électrodes ont tendance, soit à libérer des gaz, soit à en absorber, suivant que le régime du tube fait augmenter ou diminuer leur température.

On compense facilement la raréfaction moléculaire au moyen de régulateurs qui permettent l'introduction à l'intérieur de l'ampoule du gaz nécessaire à sa stabilisation, mais il est pratiquement impossible d'éliminer instantanément les molécules qui, pour une raison quelconque, se trouvent en excédent dans l'ampoule et en font ce qu'on appelle une ampoule « molle ».

Si donc les électrodes libèrent intempestivement une certaine quantité de gaz, la pression dans le tube augmente, le faisceau de rayons X devient plus intense et les rayons moins pénétrants.

Si, au contraire, la pression diminue par suite de l'absorption des gaz par les électrodes, les ions positifs

Digitized by Google

deviennent plus rares, l'émission cathodique diminue, le tube devient plus résistant et l'intensité du faisceau décroît ; la différence de potentiel aux bornes devient plus grande, par suite la vitesse des électrons croît et le faisceau devient plus pénétrant. Ce régime de variations continuelles. dans la résistance du tube rend toute mesure électrique bien aléatoire et élimine la possibilité de se replacer, d'une façon certaine, dans des conditions identiques à celles d'une expérience précédente.

Toutes ces causes d'instabilité proviennent de l'obligation de maintenir à l'intérieur de l'ampoule une quantité définie de molécules gazeuses. Dans l'ampoule « Coolidge » ces causes disparaissent. En effet, le vide est poussé aussi haut que possible, les électrodes et la paroi sont expurgées de tout gaz qui pourrait produire ultérieurement un dégagement nuisible au fonctionnement (fig. 1).

L'émission électronique ne dépend pas de la production d'ions positifs venant des gaz du tube, mais n'est due qu'au phénomène thermo-électronique produit par l'échauffement du filament A placé au centre d'un dispositif de centrage B qui constitue la cathode (fig. 2).

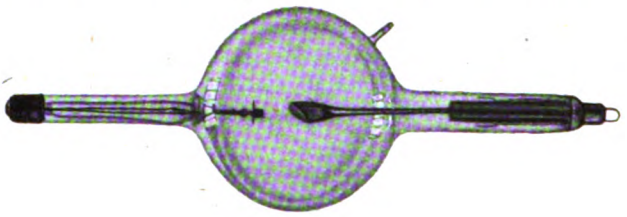


Fig. 1. — Ampoule Coolidge.

C'est l'application de l'effet « Edison », propriété qu'ont les corps d'émettre à chaud des électrons.

L'absence de bombardement ionique appréciable du filament permet de l'entretenir sans difficulté à une température constante.

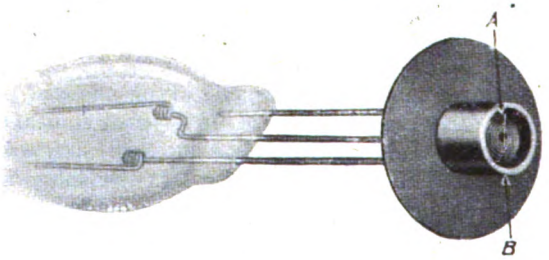


Fig. 2. — Cathode de l'ampoule Coolidge.

Donc, par l'échauffement du filament cathode, nous pouvons produire une quantité pratiquement constante d'électrons dont la vitesse ne sera régie que par la différence de potentiel aux bornes du tube. Si nous maintenons cette différence de potentiel constante et que nous ne fassions varier que la température du filament, l'émission d'électrons variera et, par conséquent, l'intensité du faisceau de rayons X sera modifiée. Si, au contraire, nous maintenons constante la température du filament et que nous ne fassions varier que la différence de potentiel aux bornes du tube, nous ferons croître ou décroître la vitesse des électrons sans augmenter leur nombre : nous obtenons ainsi un faisceau plus ou moins pénétrant sans faire augmenter son intensité, tout au moins dans une certaine limite.

Voici donc résumées, en quelques mots, les deux caractéristiques capitales du tube « Coolidge » :

1° Stabilité absolue au régime choisi;

2° Réglage instantané du faisceau de rayons X, soit en intensité, soit en pénétration.

Ces deux conditions rendent possibles des mesures précises et permettent de se replacer dans des conditions expérimentales choisies.

L'alimentation et le réglage du filament se réalisent au moyen d'une batterie d'accumulateurs ou d'un transformateur et d'un rhéostat, qu'il est naturellement obligatoire d'isoler de la terre, puisque le tout se trouve porté au potentiel cathodique du tube. Le schéma ci-dessous s'explique de lui-même (fig. 3).

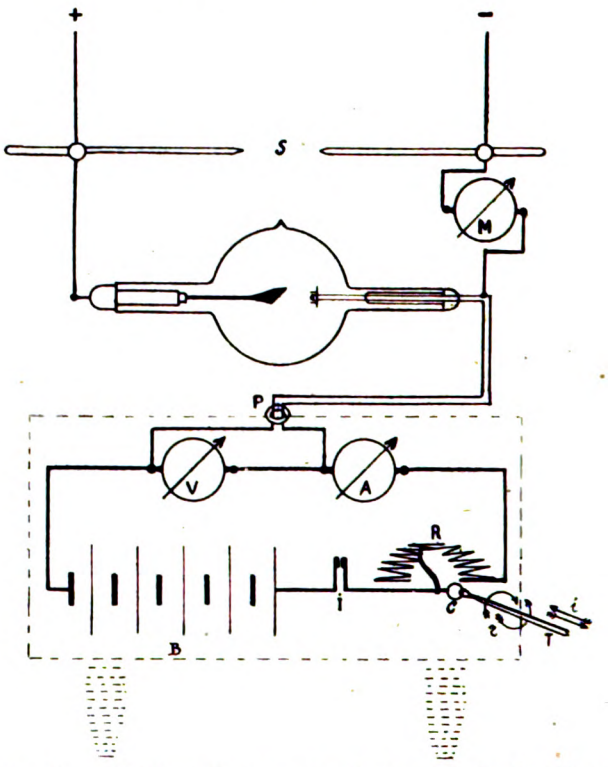


Fig. 3. — Schéma de montage d'une ampoule Coolidge.

B, boite isolée contenant les accumulateurs; I, interrupteur du circuit du filament commandé par le mouvement de va-et-vient i de la tige isolée T; R, rhéostat de réglage commandé par le mouvement de rotation r de la tige isolée T se mouvant en tous sens grâce au joint universel C; A, ampèremètre du circuit du filament; V, voltmètre du circuit du filament; M, milliampèremètre.

Appareillage. — Le fonctionnement du « Coolidge » pour la radiométallographie nécessite un appareillage à haut débit similaire à ceux établis pour la radiologie

Digitized by Google

intensive. La disposition de cet appareillage doit assurer à l'opérateur la plus grande sécurité possible au point de vue de la protection contre les rayons X. Ici, nous ne saurions trop attirer l'attention sur le danger des rayonnements très intenses et très pénétrants. Les rayons directs ne sont pas les seuls contre lesquels il est nécessaire de se mettre en garde. De même que la lumière, les rayons X produisent des phénomènes analogues à la diffusion, tous les objets frappés par les rayons X directs deviennent à leur tour sources de rayons secondaires. Evidemment, ces rayons secondaires ont des intensités très inférieures à celles des rayons directs, mais, en aucun cas, ils ne doivent être négligés. Il est donc indispensable de se protéger et du rayonnement direct et du rayonnement secondaire.

Les écrans de plomb sont certainement les meilleurs protecteurs eu égard à la masse atomique élevée du plomb. Il y a lieu, en effet, de tenir compte que l'équivalent de transparence aux rayons X d'un corps simple dépend de sa masse atomique, qu'il en est une fonction déterminée qui va généralement en croissant quand cette masse atomique augmente.

Nous avons donc recherché expérimentalement l'épaisseur de plomb nécessaire à une protection qui serait efficace contre le rayonnement intense du tube « Coolidge ». Pour cette épreuve, nous avons employé les moyens photographiques qui semblent donner de sérieuses garanties, puisque la plaque photographique semble notablement plus sensible aux rayons X que notre épiderme. Il est, en effet, admis qu'une plaque photographique est voilée par 1/1 300 d'unité H(1), alors que la réaction de la peau n'a lieu qu'après 5 H. Bien que cette mesure relative soit très vague, nous avons tenu à la signaler comme terme comparatif, parce que, avant la guerre, elle était presque exclusivement admise en radiologie. Espérons que son imprécision et son origine allemande contribueront à son remplacement prochain par des données électriques plus caractéristiques ; le tube « Coolidge » nous le permet.

Nous nous sommes placé, de plus, dans des conditions d'expériences très rigoureuses qui ne donnent que plus d'assurance à nos conclusions.

Nous avons muni une plaque photographique extra-rapide d'un écran renforçateur (2). Nous avons disposé cette plaque à 45 cm de l'anticathode du tube Coolidge ; sur elle nous avons placé 5 gradins de plomb formant au total 5 mm d'épaisseur, sur ces 5 gradins nous avons étendu une languette de plomb épaisse de 1 mm. La plaque photographique fut en tout autre endroit protégée par 10 mm de plomb, puis nous avons soumis ce dispositif à une irradiation de 60 minutes consécutives à un rayonnement correspondant à 4 m A sous 100000 v et nous avons obtenu le cliché (fig. 4, voir planche hors texte) qui fait voir que le rayonnement n'a pas impressionné la plaque sous 5 mm de plomb, puisque la languette en cette épaisseur n'est pas visible. Une épaisseur de plomb de 5 mm semble donc un écran suffisant, même à 45 cm de l'anticathode du tube, pour la protection d'une plaque photographique ultra-sensible avec écran renforçateur.

D'autre part, sir Ernest Rutherford, par des mesures d'ionisation, trouve qu'à travers une épaisseur de plomb de 3 mm l'ionisation est réduite à moins de 1/10000 de sa valeur initiale ; qu'à travers une épaisseur de plomb de 4 mm, l'ionisation est inappréciable à la tension de 75000 v aux bornes du tube, ce qui vient cadrer entièrement avec nos expériences pratiques.

Si l'on tient compte que la valeur du rayonnement X décroît suivant le carré de la distance, nous pensons pouvoir dire qu'une protection de 5 mm de plomb, à un mètre de distance du tube, est une mesure de sécurité efficace, dans les conditions actuelles de fonctionnement.

Pour plus de sécurité encore, dans tous nos essais, nous adoptons des protecteurs épais de 8 ou 10 mm de plomb.

Pour la garantie du rayonnement secondaire, nos expériences nous ont montré que, dans la presque totalité des cas, une protection de 0,5 mm de plomb paraissait une protection efficace. Mais, étant donnés les phénomènes de diffusion dont nous parlions plus haut, nous pensons que, pour la réalisation de toute expérience de radiométallographie, il est indispensable que l'opérateur se tienne dans une pièce hermétiquement séparée de celle où fonctionne le tube : c'est-à-dire dans une pièce doit être placé le tube et dans une autre pièce, ou dans une cabine spéciale, protégée comme nous venons de l'indiquer, doit se trouver l'opérateur ayant sous la main toutes les commandes afin de n'avoir jamais à s'approcher du tube lorsque celui-ci fonctionne ; il se trouve donc ainsi protégé des rayonnements directs et secondaires, et de tout effet d'ionisation ou d'effluves électriques. Divers laboratoires ont été réalisés de la sorte et nous pourrions citer comme type la salle de radiométallographie du Laboratoire d'essais des services du ministère de la Guerre au Conservatoire national des Arts et Métiers. Les figures 5 et 6 représentent le poste de commande et la salle de haute tension de cette installation.

La figure schématique 7 indique la disposition générale : l'opérateur se tient dans la salle 1 et surveille le tube placé dans la salle 2, il le voit dans un miroir à travers la fenêtre C munie de glaces anti-X. Le tube doit être vu par réflexion, puisque le paravent O se trouve entre le tube et la cloison pour protéger cette dernière du rayonnement direct.

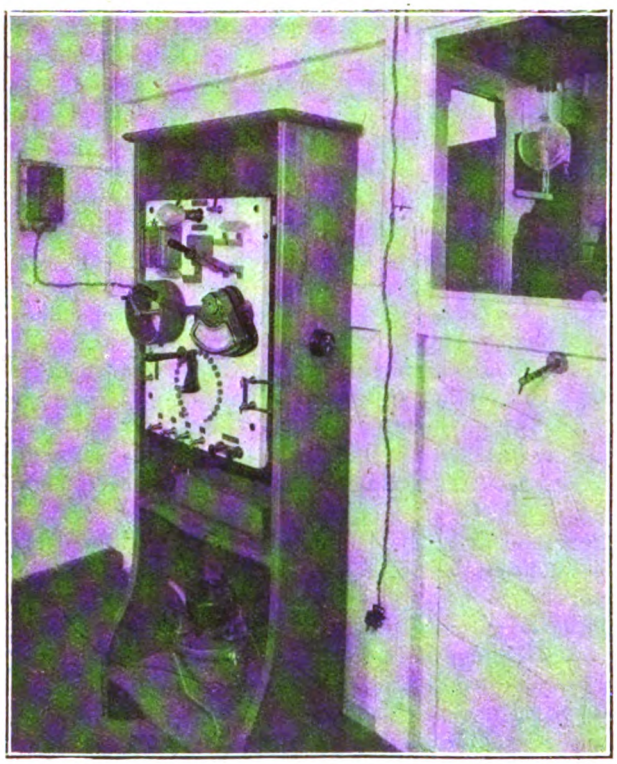
Un autre dispositif représenté aux figures 8 et 9 permet de réunir sur un même meuble, au besoin mobile, tout l'appareillage. Dans ce cas, le meuble est placé dans une ouverture ménagée dans la cloison protectrice B de la figure 7.

(1) L'unité H est une unité quantitative adoptée empiriquement en radiologie médicale ; Holzknecht a défini l'unité H (initiale de son nom) : le tiers de la quantité de rayons compatible avec l'intégrité de la peau et n'amenant sur le visage de l'adulte qu'une très légère réaction inflammatoire.

(2) Les écrans spéciaux que nous avons fait établir pour la radiométallographie multiplient par 10 ou 12 l'effet photographique des rayons X suivant la valeur du faisceau.

Digitized by Google

Application. — C'est avec un appareillage similaire que nous avons réalisé de nombreux essais, non seulement sur des métaux à titre de matière première, mais sur des pièces usinées; les quelques figures qui



Laboratoire de radiométallographie des services du Ministère de la Guerre au Conservatoire national des Arts et Métiers.
Fig. 5. — Poste des commandes électriques.

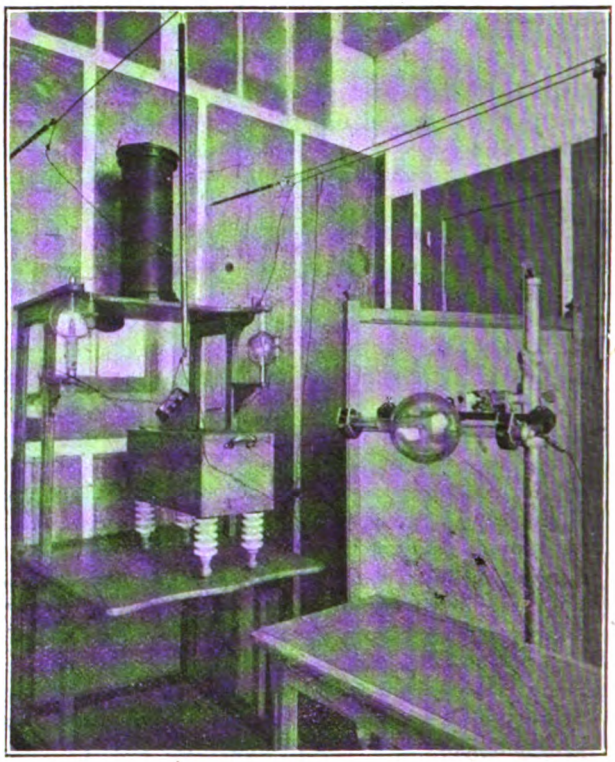


Fig. 6. — Salle haute tension

vont suivre donneront un aperçu des résultats réalisables pratiquement, non pas seulement au point de vue des recherches scientifiques, mais au point de vue de tout contrôle industriel. Il nous serait impossible d'entrer dans le détail des applications multiples de ce procédé; quelques mots sur les figures ci-jointes dont chacune nous a semblé typique feront entrevoir les buts possibles à atteindre.

Dans toutes ces notes, nous n'avons parlé que d'examens photographiques et non pas d'examen à l'écran fluorescent. Jusqu'à ce jour, les écrans fluorescents n'ont pas eu la luminosité suffisante pour qu'une image puisse s'y révéler à travers les grandes épaisseurs de métal que nous avons à examiner. Et cette méthode qui, à première vue, semble plus rapide, le serait, il nous semble, en réalité, beaucoup moins que la méthode graphique. Même disposerait-on d'écrans suffisamment lumineux, il faudrait toujours à l'observateur un temps assez long pour l'examen minutieux d'une série de plages forcément petites, examen d'autant plus complexe que les défauts les plus intéressants à rechercher sont en général très petits. Cet examen, qui, par mesure de sécurité, devrait, il nous semble, être fait par réflexion, serait de ce fait forcément imprécis et plus long encore qu'un examen direct. Ce temps d'examen dépasserait de beaucoup celui de la prise d'un cliché qui a, de plus, l'avantage de laisser un document certain, possible à étudier à loisir.

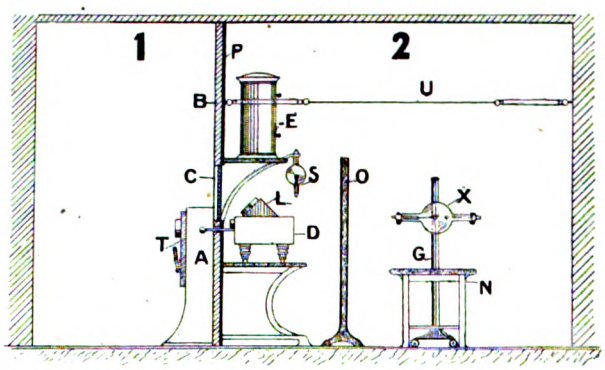


Fig. 7. — Schéma de l'installation.

1, poste de l'opérateur; 2, salle du tube; B, cloison recouverte d'une feuille de plomb P épaisse de 1 mm; C, fenêtre avec glace anti-X; A, meuble portant le tableau de commande T, le condensateur, l'interrupteur; E, transformateur; U, fils des trolleys; S, soupapes; D, meuble isolé pour les accumulateurs alimentant le filament du tube; L, milliampèremetre; O, paravent protecteur recouvert de 8 mm de plomb; G, pied support du tube; N, table d'examen; X, tube « Coolidge ».

Digitized by Google

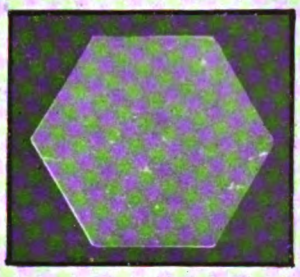


Fig. 10

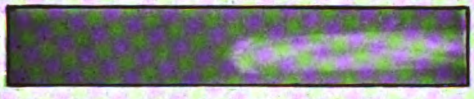


Fig. 11

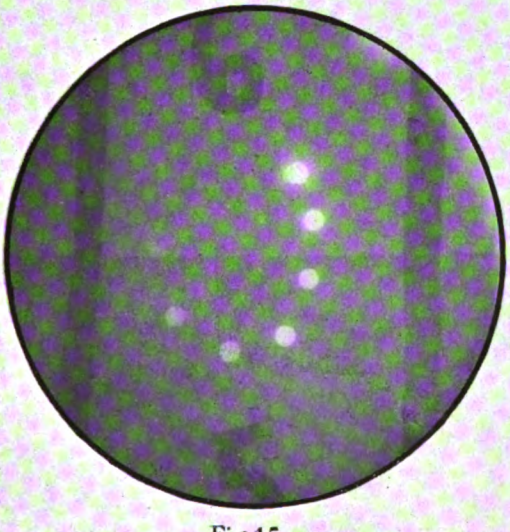


Fig. 15

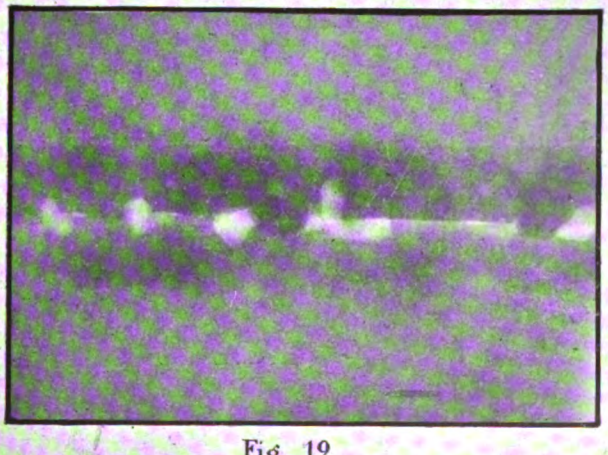


Fig. 12

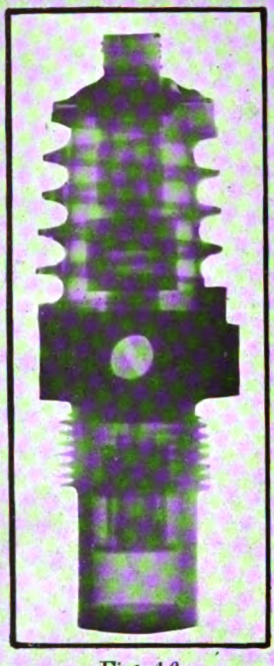


Fig. 16

Fig. 13

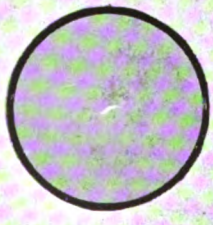


Fig. 14

Fig. 4

RADIOGRAPHIES D'ÉPROUVETTES D'ESSAIS ET D'OBJETS USINÉS

Digitized by Google

Digitized by Google

La méthode fluoroscopique, si elle devenait réalisable, ne procurerait qu'un avantage : l'économie de clichés et produits photographiques, économie qu'il nous semble difficile de mettre en parallèle avec le danger que courrait l'observateur.

La figure 10, qui vient confirmer ce que nous disions plus haut, est la radiographie d'une éprouvette prise sur une barre de laiton hexagonale. On y remarque une fente latérale et de nombreuses hétérogénéités : un examen micrographique eût révélé vraisemblablement de tels défauts, puisque ceux-ci se reproduisaient sur toute la longueur de la barre, mais il y a lieu de considérer la valeur de cet essai par le fait que vingt barres purent être examinées en même temps. Sur chaque barre furent prélevées trois éprouvettes : une au centre et une à chaque extrémité. Les soixante éprou-

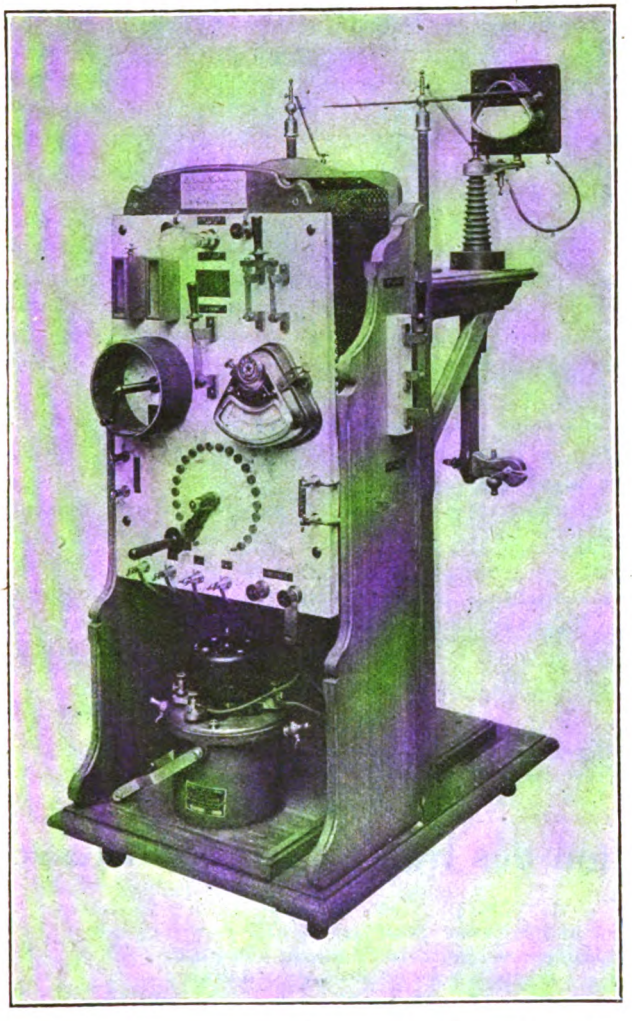
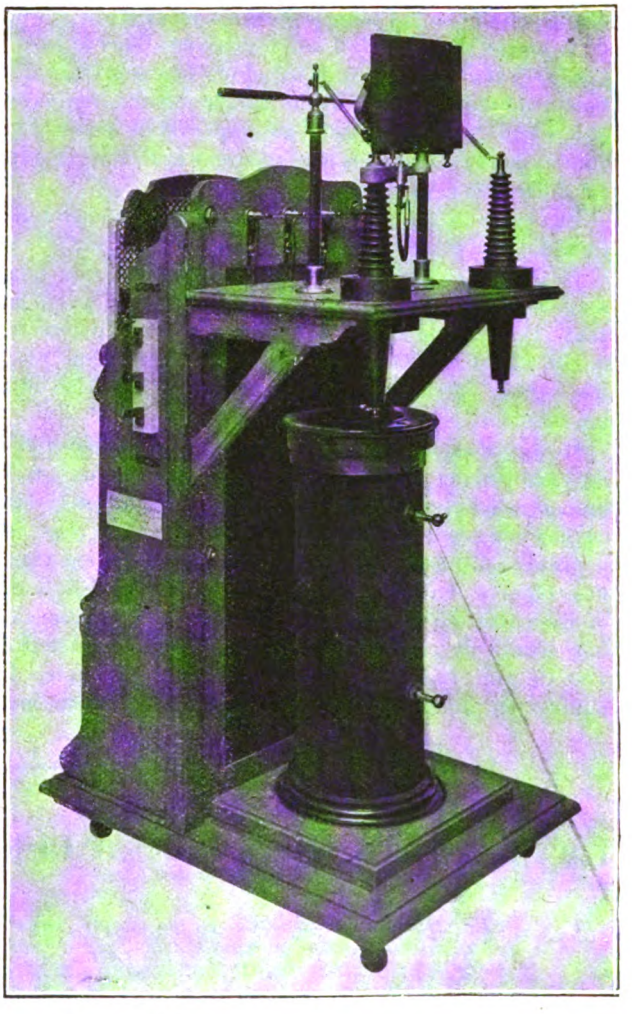


Fig. 8. — Tableau de commande.



Meuble réunissant l'ensemble de l'appareillage :

Fig. 9. — Côté haute tension.

vettes furent radiographiées en même temps et la pose dura quinze secondes. On eut donc, en moins de dix minutes, y compris développement et fixage des deux plaques 18 × 24 employées, les documents permettant de faire une sélection immédiate des barres mauvaises et ensuite un examen plus approfondi des défauts de chacune.

C'est donc, dans ce cas particulier, une documentation précise sur 60 éprouvettes en 10 minutes, soit 10 secondes par éprouvette. Quelle méthode fluoroscopique permettrait une telle rapidité ? Il est de plus à noter que, dans cette expérience, nous n'avons nullement cherché la vitesse d'examen, car dans ces conditions d'expériences identiques, nous eussions pu facilement placer 100 éprouvettes sous le tube, ce qui, dans ce cas, eût donné 6 secondes par éprouvette.

La figure 11 représente une mèche américaine restée dans le trou qu'elle a foré dans du cuivre rouge. On remarque l'image de la mèche et la projection de ses formes. Au fond du trou sont visibles quelques particules et, dans la rampe de la mèche, un fin copeau de cuivre. Cette radiographie fait ressortir d'abord que la

Digitized by Google

moindre surépaisseur de métal peut être enregistrée, puisque le copeau ressort avec une grande netteté, ensuite, qu'à épaisseur égale, deux métaux d'une masse atomique même très peu différente se différencient aisément.

En effet, à l'endroit où la mèche a toute son épaisseur, nous remarquons que la teinte est légèrement moins foncée qu'à l'endroit où le rayonnement eut à traverser toute l'épaisseur du cuivre; dans le premier cas, le rayonnement a dû pénétrer à travers les 5,5 mm de la mèche en acier et 6 mm de cuivre; dans le second cas, 11,5 mm de cuivre. C'est donc la comparaison de valeur de teinte entre 5,5 mm d'acier masse atomique 56 et 5,5 mm de cuivre masse atomique 63,5, dans un cas comme dans l'autre, sous une épaisseur de 6 mm de cuivre. La différence est très nette.

La figure 12 représente une soudure autogène défectueuse d'une plaque de fer de 10 mm d'épaisseur.

La figure 13 est la radiométallographie d'une barre d'acier prise perpendiculairement à l'axe; un défaut central est visible sur toute la longueur de l'éprouvette; la vue 14 est la radiométallographie de la même pièce, mais prise suivant l'axe. On remarque la forme et la position relative du défaut.

La figure 15 représente une éprouvette d'acier épaisse de 43 mm dans laquelle avaient été percés des trous respectivement profonds de 1, 2, 3, 4, 5, 10 et 25 mm, ce dernier trou étant naturellement le plus clair sur l'épreuve. Entre l'éprouvette et la plaque furent placés des repères en plomb découpés : deux languettes et des chiffres 5 et 6. Sous le côté marqué 5 fut disposée une feuille de clinquant de cuivre d'une épaisseur de 1/10 de mm. Les trous sont naturellement visibles, les chiffres en plomb apparus prouvent que le rayonnement a totalement traversé le dispositif et la netteté avec laquelle ressort la délimitation faite par le clinquant démontre que 1/10 de mm de cuivre est appréciable à travers 45 mm d'acier.

La figure 16 est la radiographie d'une pièce usinée (fusée d'obus de 75). On y remarque les différents éléments constitutifs. Ce cliché fait partie de toute une série d'épreuves que nous avons tentées pour l'examen de pièces terminées : pièces de moteurs, appareils à déclanchement, détendeurs, carters, etc., etc.

Une remarque intéressante qui se dégage des expériences que nous venons de présenter et aussi de toutes celles que nous avons tentées, c'est l'effet de contraste très marqué sur la plaque photographique qui se révèle entre des différences d'épaisseurs infimes ou entre des métaux de masse atomique très voisine.

Et, avant de terminer ces notes, il nous semble bon de signaler qu'une telle installation permet, indépendamment de la radiométallographie, d'entreprendre l'étude spectrale des métaux par les rayons X. L'enregistrement photographique du spectre des corps soumis aux rayonnements X intenses que peut produire un tube tel que le « Coolidge » permet l'étude précise de leur composition et les intéressants travaux de M. de Broglie ont mis récemment en valeur cette méthode précise d'analyse qualitative.

Espérons que ces quelques expériences, rapidement décrites, feront voir le parti important que l'on peut tirer au point de vue industriel de cette méthode d'investigation essentiellement simple. Si intéressants que soient les résultats déjà obtenus, de dernières expériences nous laissent espérer que, dans un avenir prochain, ils seront de loin dépassés.

H. Pilon.

La locomotive électrique et la traction des trains à grande vitesse

La traction électrique a été jugée jusqu'ici peu avantageuse pour les trains rapides sur les grandes lignes, en raison du prix de revient relativement élevé de l'énergie électrique produite dans des centrales thermiques. En se basant sur les résultats obtenus en Amérique avec l'emploi des groupes turbo-alternateurs à grande puissance (30 000 kw et au-dessus), l'auteur montre que le problème se présente sous un nouvel aspect qui permettrait à la traction électrique d'être avantageusement comparée à la traction à vapeur pour cette application.

C'est une opinion assez couramment répandue que les locomotives à vapeur sont plus avantageuses que les locomotives électriques dès qu'il s'agit de remorquer des trains lourds de 300 à 500 t à des vitesses de régime voisines de 100 km : h. Ce qui a donné lieu à cette erreur, c'est la comparaison faite entre les locomotives à vapeur qui assurent le service des trains rapides de voyageurs et les quelques locomotives électriques en service actuellement qui sont susceptibles d'atteindre et même de dépasser la vitesse de 100 km : h. On constate qu'à ces régimes de vitesse l'effort de traction de la locomotive électrique est généralement moind

que l'effort de traction de la locomotive à vapeur. De là à conclure à l'infériorité de la locomotive électrique, il n'y a qu'un pas à faire.

Mais le fait qu'une locomotive est prévue pour atteindre les grandes vitesses ne prouve pas que cette locomotive est prévue pour remorquer de lourdes charges à ces vitesses. En fait, même actuellement, presque toutes les applications de la traction électrique aux grandes lignes de chemins de fer ont été faites sur des lignes présentant des déclivités supérieures à 1,5 pour 100, c'est-à-dire sur des lignes où la locomotive à vapeur est dans l'impossibilité d'assurer des vitesses

Digitized by Google

satisfaisantes; presque toutes les locomotives électriques ont été déterminées par les vitesses de régime à assurer sur les fortes déclivités de ces lignes.

Les locomotives électriques à courant continu 600 v des lignes du Pensylvania Railroad, à New-York, ont été calculées pour remorquer un train de 500 t sur une rampe de 2 pour 100; il n'est donc pas indiqué de faire une comparaison entre une telle locomotive électrique et une locomotive à vapeur qui serait absolument inapte à assurer un service sur une rampe de 2 pour 100.

Le problème de la traction des trains lourds de voyageurs aux grandes vitesses sur des lignes présentant un profil facile n'a jamais été résolu par la traction électrique, parce que aucune application de ce genre n'a été envisagée jusqu'à présent. L'objet de cette étude est précisément de montrer, en se référant particulièrement au réseau des chemins de fer français, que la solution de ce problème ne présente pas de difficultés spéciales et que, de plus, on peut prévoir de nombreux avantages pour ce service particulier de grandes lignes par l'emploi de locomotives électriques.

En France, Paris est relié aux villes importantes de la province par les grandes lignes de chemins de fer qui constituent les artères principales du réseau français. Ces lignes ont été établies avec un profil relativement facile, les déclivités dépassent rarement 8 pour 1 000. Il est toutefois à noter que la ligne Paris-Toulouse par Montauban présente une rampe presque continue de 10 pour 1 000 sur une longueur de 40 km.

Ces lignes sont parcourues par des trains rapides et express qui réalisent des vitesses commerciales extrêmement élevées; il est peu de pays où le service des voyageurs soit assuré dans d'aussi bonnes conditions de délai de transport.

En 1913, les horaires en vigueur étaient les suivants :

Compagnie de Paris-Lyon-Méditerranée.

Train de luxe, Calais-Méditerranée :

Paris-Laroche.....	155 km	116 min	80,1 km : h
Laroche-Lyon.....	160	128	75
Lyon-Mâcon.....	125	85	88,3
Mâcon-Lyon.....	72	51	84,6
Lyon-Valence.....	106	72	88,3
Valence-Avignon.....	124	84	88,6
Avignon-Marseille....	120	87	82,7
Totaux...	862	623	
Arrêts intermédiaires.		29	
Temps total.....		652	

Compagnie du Nord.

1° Nord-Express.

Paris-St.-Quentin....	154 km	94 min	98,2 km : h
St-Quentin-Erquelin..	86	55	93,8

2° Paris-Calais.

Paris-Calais.....	298	190	94

Chemins de fer de l'État.

1° Paris-Le Havre.

Paris-Rouen.....	140 km	106 min	80 km : h
Rouen-Le Havre.....	88	64	82,5
Totaux...	228	170	
Arrêts intermédiaires.		5 min	
Temps total.....		175	

Compagnie de Paris-Orléans.

Sud-Express.

Paris-Orléans.....	125 km	81 min	92,6 km : h
Orléans-Tours.....	110	72	92
Tours-Poitiers.....	101	67	90,5
Poitiers-Angoulême..	113	74	92
Angoulême-Bordeaux.	139	90	92,6
Bordeaux-Dax.....	148	108	82,2
Dax-Bayonne	50	37	81
Totaux...	786	529	
Arrêts intermédiaires.		34	
Temps total.....		563	

Compagnie de l'Est.

Rapide de Bâle.

Paris-Troyes.....	167 km	113 min	88,6 km : h
Troyes-Chaumont....	95	69	82,7
Chaumont-Belfort....	181	127	85,5
Totaux...	443	309	
Arrêts intermédiaires.		8	
Temps total.....		317	

En même temps que les durées de parcours étaient réduites, le poids des trains express et rapides subissait un accroissement notable dû à l'augmentation du trafic des voyageurs.

Le tableau des charges successives du rapide Paris-Bordeaux est remarquable à cet égard.

Date de mise en service	Charge du rapide.
Juin 1897.....	175 t
Juin 1902.....	219
Juin 1906.....	234
Juin 1911.....	340

Actuellement, le train rapide Paris-Le Havre a une charge de 350 t.

Les grands trains rapides entre Paris et la Côte d'Azur ont des tonnages de 278, 384 et 487 t.

Sur la Compagnie du Nord, les trains les plus rapides ont des charges voisines de 300 t.

En résumé, le service des trains rapides et express, en France, comporte la traction de trains remorqués d'un poids compris entre 300 et 500 t à des vitesses comprises entre 60 et 120 km : h, sur des lignes présentant des déclivités maxima de 8 mm : m et exceptionnellement 10 mm : m.

La traction de ces trains exige au crochet d'attelage des efforts qu'il est aisé de déterminer; il existe plusieurs formules qui donnent par tonne de charge remorquée l'effort de traction à exercer au crochet d'attelage du tender. Entre 60 et 120 km : h, la formule la plus simple est celle de la Compagnie de Paris-Orléans :

$$R = 0{,}006\ V,$$

où R est la résistance à la traction en kilogrammes par tonne, V la vitesse en kilomètres par heure.

Digitized by Google

Il est à remarquer qu'il s'agit de charges remorquées et qu'on ne fait pas intervenir dans cette formule la résistance de l'air.

Sur le tableau ci-dessous, la résistance à la traction en kilogrammes de trains de 300, 400 et 500 t a été calculée en palier, en rampe de 5 mm : m et en rampe de 8 mm : m.

Vitesses en km : h	60	80	100	120
A. Train de 300 t				
Palier	1 080	1 440	1 800	2 160
Rampe de 5 mm : m	2 580	2 940	3 300	
id. 8 mm : m	3 480	3 840		
B. Train de 400 t				
Palier	1 440	1 920	2 400	2 880
Rampe de 5 mm : m	3 440	3 920	4 400	4 880
id. 8 mm : m	4 640	5 100		
C. Train de 500 t				
Palier	1 800	2 400	3 000	3 600
Rampe de 5 mm : m	4 300	4 900	5 500	
id. 8 mm : m	5 800	6 400		

Le service des grands trains rapides de voyageurs en France, tel qu'il vient d'être défini ci-dessus, est généralement assuré par des locomotives à vapeur type Pacific à six roues couplées (fig. 1 et 2); toutefois, principalement sur le réseau du Nord, où le profil des grandes lignes est peu accidenté, certains trains sont encore remorqués par des locomotives à vapeur type Atlantic à quatre roues couplées.

L'emploi des locomotives Pacific a été motivé par l'augmentation du poids des trains remorqués, la locomotive Atlantic ne présentant pas, avec des trains remorqués d'un poids supérieur à 250 t, un poids adhérent suffisant pour franchir les rampes voisines de

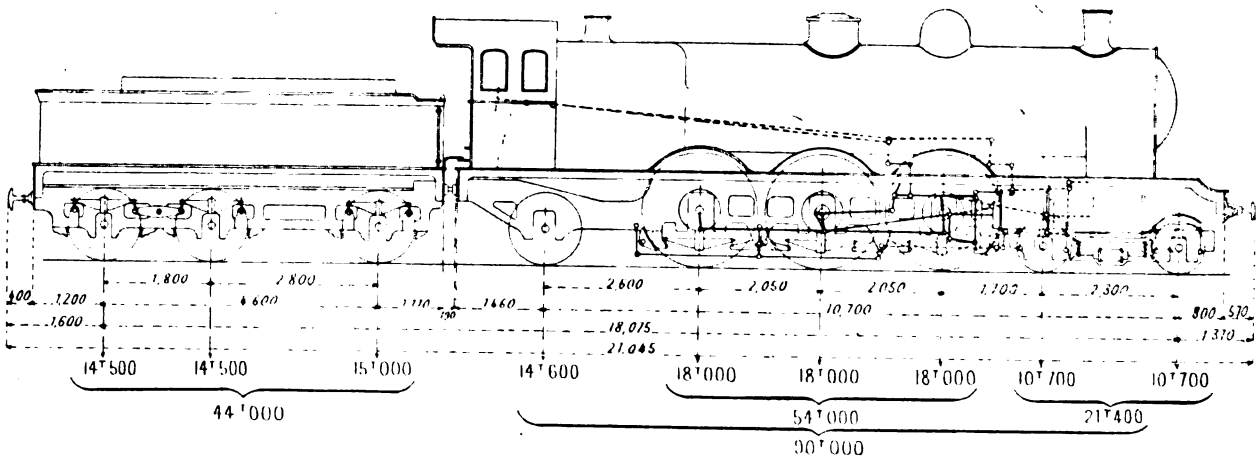


Fig. 1. — Disposition schématique d'une locomotive « Pacific ». (Locomotive 3 000 des chemins de fer du Midi.)

8 mm par mètre. Chacune des grandes Compagnies françaises a son type de locomotive Pacific à grande vitesse; les caractéristiques générales ne sont pas extrêmement différentes, car les services qu'elles doivent assurer ont de nombreux points communs.

A titre d'exemple, on peut choisir les locomotives type 6 000 de la Compagnie du P.-L.-M. et les locomotives type 3 500 de la Compagnie de Paris-Orléans; les caractéristiques de ces locomotives sont les suivantes :

	Type 6 000 P.-L.-M.	Type 3 500 P.-O.
Système	Compound surchauffé.	Compound surchauffé.
Timbre	16 kg : cm	16 kg : cm²
Diamètre des roues motrices	2 000 mm	1 950 mm
Surface de grille	4,25 m²	4,27 m²
id. chauffe	219 m²	211 m²
id. surchauffe	71 m²	62 m²
Poids total en charge	93,3 t	99 t
Poids adhérent	55,5 t	53,2 t
Poids du tender en charge	60,6 t	46 t

En admettant un coefficient d'adhérence de 1/6,5, qui est la limite admissible avec ce type de locomotive, l'effort maximum aux jantes des roues motrices peut se fixer à 8 500 kg pour la locomotive 6 000 P.-L.-M. et à 8 200 kg pour la locomotive 3 500 P.-O.

Une locomotive Atlantic, avec un poids adhérent de 36 t (2 essieux chargés à 18 t), ne peut donner un effort maximum que de 5 500 kg environ.

L'élément essentiel d'une locomotive à vapeur est la capacité de vaporisation de sa chaudière; généralement, avec les types récents de locomotives Pacific mises en service, la puissance soutenue qui peut être développée à la jante des roues motrices est voisine de 2 000 ch.

Cette puissance de 2 000 ch aux jantes des roues motrices peut d'ailleurs être fournie aux différentes vitesses susceptibles d'être réalisées par la locomotive à vapeur; en d'autres termes, le produit de l'effort de traction aux jantes des roues motrices par la vitesse est sensiblement constant.

On peut donc tracer le graphique représentant les

Digitized by Google

efforts de traction en fonction des vitesses en tenant compte toutefois de l'effort maximum imposé par l'adhérence; si, de plus, la résistance à la traction propre à la locomotive et à son tender aux différentes vitesses est déterminée, on aura immédiatement les efforts de traction au crochet d'attelage du tender.

La résistance propre à la traction des locomotives à vapeur et principalement des locomotives Pacific a fait l'objet de nombreuses déterminations; ces déterminations ne sont pas toujours concordantes. Dans le cas présent, on peut se baser sur les essais qui ont été poursuivis par la Compagnie de Paris-Orléans sur les locomotives 3 500, et qui ont été publiés dans la « Revue générale des chemins de fer » du mois de juin 1912. Le graphique ci-joint (fig. 3) donne la résistance totale de la locomotive 3 500 exprimée en kilogrammes par tonne.

Il faut noter à ce sujet que les locomotives Atlantic 3 000 de la même Compagnie présentent une résistance à la traction telle que, exprimée en kilogrammes par tonne, elle coïncide avec la résistance en kilogrammes par tonne des locomotives 3 500; le poids total des locomotives Atlantic n'est que de 74 t.

La résistance propre d'une locomotive et de son tender peut se décomposer en un certain nombre d'éléments :

1° La résistance de l'air;

2° La résistance de la locomotive et du tender considérés comme étant de simples véhicules;

3° La résistance due aux frottements du mécanisme de la locomotive et aux frottements additionnels résultant de la pression de la vapeur.

La résistance opposée par l'air se traduit généralement par la formule :

$$R = K S V^2,$$

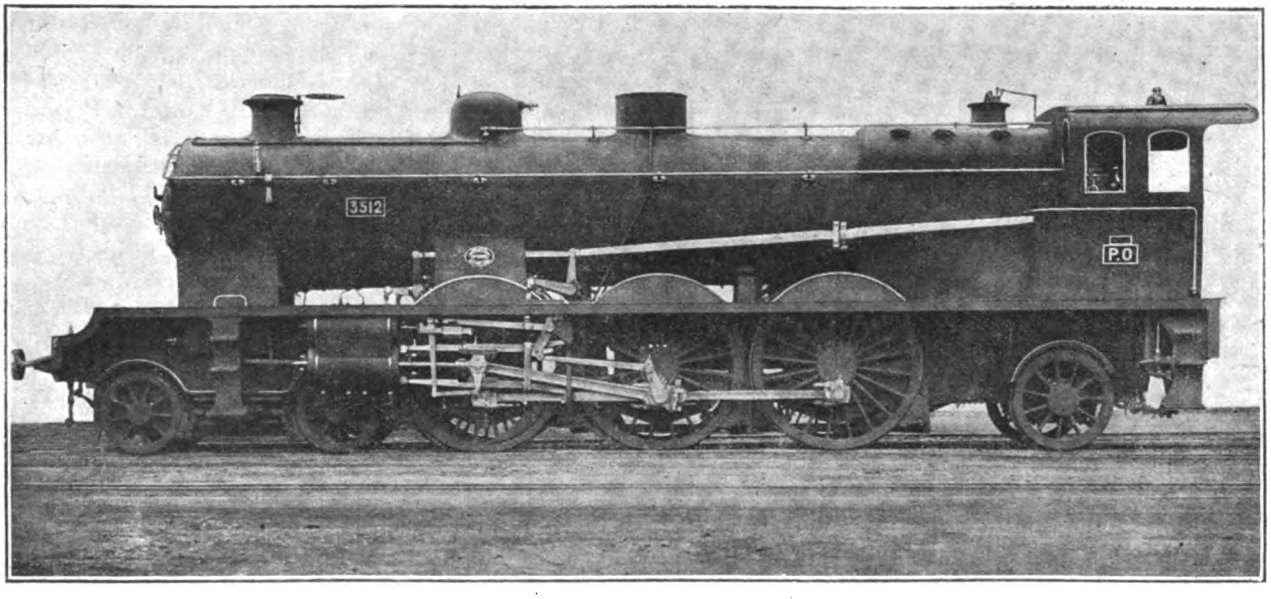


Fig. 2. — Vue d'une locomotive Pacific, série 3 500, à roues de 1,95 m, de la Compagnie des Chemins de fer d'Orléans.

où R est la résistance en kilogrammes; K, un coefficient; S, la surface de l'avant de la voiture et V, la vitesse en mètres par seconde.

Les essais de Berlin-Zossen en 1903 ont conduit aux chiffres suivants pour une voiture de 93 t d'une longueur de 25 m et une surface à l'avant de 12 m² environ.

Vitesse en km : h	Pression en kg : m²	Valeur de K.
60	18	0,065
80	31	
100	52	0,0665
120	75	0,068

Pour un cylindre ayant une longueur de huit fois le rayon de la base et se déplaçant dans l'air, M. Georges Eiffel dans ses expériences du laboratoire du Champ-de-Mars a trouvé la formule

$$R = 0{,}0515\ S.V^2.$$

Si on tient compte que dans une locomotive en mouvement la proximité du sol doit créer des remous qui augmentent la résistance opposée par l'air, on voit que les chiffres fixés par les essais de Berlin-Zossen se trouvent vérifiés par les expériences de M. Eiffel, et peuvent être regardés comme suffisamment exacts.

La résistance de la locomotive et du tender, considérés comme étant de simples véhicules, peut se calculer d'après la formule

$$R = 0{,}006\ V.$$

Pour la résistance due aux frottements du mécanisme du moteur de la locomotive et aux frottements additionnels résultant de la pression de la vapeur, on n'a que des chiffres tout à fait approximatifs. La Compagnie de l'Est évalue cette résistance à 7 kg : t pour les machines à deux essieux accouplés. Le graphique de la Compagnie de Paris-Orléans donnant la résistance totale de la loco-

Digitized by Google

motive et du tender, on peut, d'une façon tout à fait approximative, décomposer comme suit cette résistance totale en ses éléments :

	Locomotive Atlantic. Type P.-O. 3000			Locomotive Pacific. Type P.-O. 3500.		
Surface à l'avant en m².	8,2			8,2		
Poids de locomotive en t	74			92,8		
id. tender.....	46,3			46,3		
id. total.....	120,3			139,1		
Vitesses en km : h...	80	100	120	80	100	120
Résistance de l'air en kg	254	426	615	254	426	615
Résistance du mécanisme en kg.....	294	344	481	436	539	669
Résistance au roulement locomotive et tender en kg.....	577	722	866	667	835	1 000
Résistance totale en kg	1 128	1 492	1 962	1 357	1 800	3 375

D'après ce tableau, on voit que la résistance du mécanisme de la locomotive Atlantic est inférieure à la résistance du mécanisme de la locomotive Pacific, quoique la résistance du mécanisme en kilogrammes par tonne de locomotive varie à peu près proportionnellement à la vitesse de 3,9 à 6,5 pour la locomotive Atlantic et de 4,7 à 7,1 pour la locomotive Pacific.

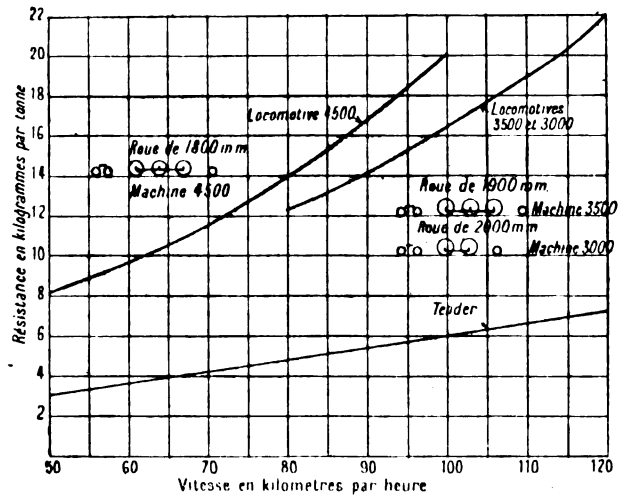


Fig. 3. — Résistance à la traction de locomotives à vapeur type Pacific et Atlantic.

Si on admet les chiffres de résistance de la locomotive et du tender portés au tableau ci-dessus, on peut déterminer finalement la résistance à la traction du train total, y compris la locomotive et son tender, rapportée aux jantes des roues motrices de la locomotive à vapeur.

Sur les graphiques des figures 4 et 5, on a figuré cette courbe de résistance totale du train pour des trains de 300 t attelés respectivement d'une locomotive Pacific et d'une locomotive Atlantic et pour un train de 500 t attelé d'une locomotive Pacific. On a figuré également les courbes d'effort de traction aux jantes des roues motrices en fonction des vitesses des locomotives Atlantic et Pacific, en supposant une puissance constante de 2 000 ch développée à ces jantes.

Les remarques suivantes doivent être présentées.

Lorsque le profil de la ligne ne présente pas de rampes supérieures à 5 mm par mètre comme c'est le cas pour la ligne de Paris à Saint-Quentin, les locomotives type Atlantic sont incontestablement supérieures aux locomotives type Pacific pour la traction des trains de 200 t.

La vitesse de 120 km : h est aisément atteinte en palier; en rampe de 5 mm, la vitesse de 104 km : h peut être réalisée, tandis qu'avec une locomotive Pacific on ne dépasse pas 96 km : h.

Un graphique de marche d'un train de 272 t attelé à une locomotive 2741 de la Compagnie du Nord a paru dans le numéro de juin 1910 de la « Revue générale des Chemins de fer »; il vient à l'appui des remarques précédentes.

Mais, dès que le profil présente des rampes de 8 mm : m, la locomotive à vapeur type Pacific est indispensable avec un poids de train de 300 t.

Des graphiques montrent également qu'avec une ligne présentant des rampes de 8 mm, le poids de 500 t ne peut guère être très notablement dépassé avec la locomotive à vapeur Pacific.

Les locomotives 6001 de la Compagnie de Paris-Lyon-Méditerranée remorquent des trains de ce tonnage sur les rampes d'accès du tunnel de Blaisy-Bas.

De l'ensemble des considérations précédentes, on peut conclure que l'introduction de la locomotive à vapeur type Pacific a été rendue nécessaire sur les lignes présentant des rampes de 8 mm dès que l'on a voulu mettre en service des trains d'un poids supérieur à 250 t, et, que, actuellement, étant donnée la limitation de 18 t par essieu imposée par la résistance des ouvrages d'art, il semble bien que la locomotive à vapeur type Pacific soit arrivée à la limite de ce qu'elle peut donner en exploitation.

***

Dans l'état actuel de l'industrie électrique, on peut choisir entre trois systèmes de traction électrique suivant la nature des courants utilisés pour l'alimentation des motrices ou locomotives électriques.

Le système à courant continu emploie des moteurs à caractéristique série; la vitesse tombe au fur et à mesure que l'effort de traction croît.

Avec le système à courant alternatif simple l'utilisation des moteurs à caractéristique série est possible; on peut également recourir à l'emploi de moteurs triphasés à vitesse constante en transformant sur la locomotive le courant alternatif simple en courant alternatif triphasé.

Enfin, dans le système triphasé, les locomotives sont équipées avec des moteurs d'induction à vitesse constante ou à vitesse variable par changement du nombre de pôles. Pour un nombre de pôles déterminé la vitesse est sensiblement constante quel que soit l'effort de traction.

Il n'entre pas dans le cadre de cette étude de faire

Digitized by Google

une comparaison des différents systèmes de traction électrique; ce que l'on veut dégager, ce sont les caractéristiques générales des locomotives électriques à grande vitesse qui seraient susceptibles d'assurer sur les chemins de fer français le service des grands rapides. Toutefois, il faut remarquer que la conception d'une locomotive équipée avec des moteurs à vitesse constante doit être notablement différente de celle d'une locomotive équipée avec des moteurs à caractéristique série; ce sont deux problèmes distincts qui doivent être étudiés séparément.

Quel que soit le système de traction électrique choisi et le type des moteurs employés, il convient en premier lieu, pour déterminer la puissance aux jantes des roues

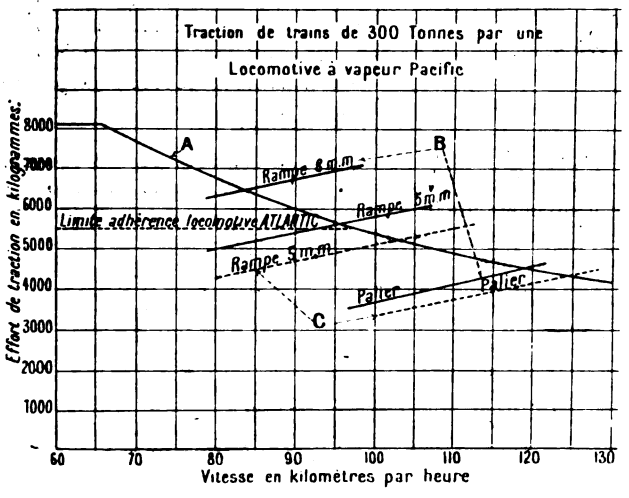


Fig. 4. — Traction de trains de 300 t par une locomotive à vapeur Pacific.

Courbe A. — Effort de traction développé aux jantes par les locomotives Atlantic et Pacific.

Courbes B. — Résistance totale à la traction, rapportée aux jantes de la locomotive d'un train de 300 t attelé d'une locomotive Pacific P.-O. 3 500.

Courbes C. — Résistance totale à la traction, rapportée aux jantes de la locomotive d'un train de 300 t attelé d'une locomotive Atlantic P.-O. 3 000.

motrices d'une locomotive électrique destinée à remorquer un tonnage de train déterminé à une vitesse fixée, d'évaluer approximativement le poids et la résistance propre à la traction de cette locomotive électrique.

On peut, comme première approximation, fixer à 100 t le poids d'une locomotive électrique d'une puissance comparable à une locomotive à vapeur type Pacific.

La résistance d'une locomotive électrique se compose de :

1° La résistance opposée par l'air,

2° La résistance de la locomotive considérée comme étant un simple véhicule;

3° La résistance due aux pertes des moteurs tournant à vide et aux frottements du mécanisme de commande des essieux.

Les résistances indiquées aux paragraphes 1° et 2° sont du même ordre, toutes choses égales d'ailleurs, que celles présentées par une locomotive à vapeur.

La résistance due aux pertes des moteurs tournant à vide et aux frottements du mécanisme de commande des essieux dépend naturellement de la nature de ce mécanisme; on peut commander les essieux soit par engrenages, soit par bielles, soit par une combinaison de bielles et d'engrenages.

Quel que soit le système choisi, cette résistance est extrêmement faible comparée aux chiffres relevés sur les locomotives à vapeur.

Entre une locomotive à vapeur type Decapod et une locomotive électrique à dix roues couplées et présentant de plus une réduction d'engrenage, la différence est

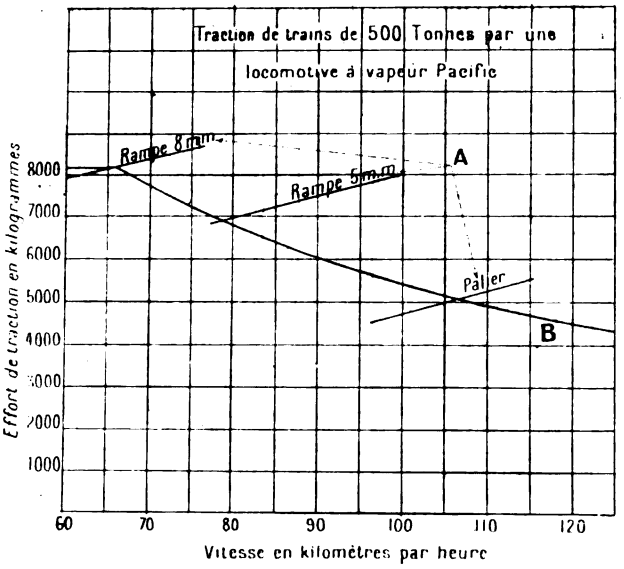


Fig. 5. — Traction de trains de 500 t par une locomotive à vapeur Pacific.

Courbes A. — Résistance totale à la traction, rapportée aux jantes d'un train de 500 t attelé d'une locomotive Pacific P.-O. 3 500.

Courbe B. — Effort de traction développé aux jantes par une locomotive Pacific P.-O. 3 500.

énorme. Le graphique de la figure 6 montre d'une façon saisissante cette différence.

En évaluant la résistance mécanique d'une locomotive à bielles à grande vitesse à 3 kg par tonne, on est certainement au-dessus de la vérité.

En définitive, quel que soit le système d'attaque des roues, on peut, comme première approximation, fixer comme suit la résistance maximum à la traction d'une locomotive électrique de 100 t :

Vitesse en kilomètres par heure.....	80	100	120
Résistance de l'air.....	254	426	615
Résistance du mécanisme.....	300	300	300
Résistance du roulement.....	480	600	720
Total.....	1 034	1 326	1 635

On peut, au moyen de ces chiffres, fixer la résistance

Digitized by Google

totale à la traction rapportée aux jantes des roues motrices des trains de 300, 400 et 500 t attelés d'une locomotive électrique de 100 t.

Ce qu'il importe de fixer maintenant, pour définir les types des locomotives électriques, ce sont les vitesses qui doivent être réalisées avec les poids des trains indiqués sur les différentes rampes. Comme il a été dit précédemment, une distinction doit être faite suivant que les locomotives électriques sont équipées avec des moteurs à vitesse constante ou des moteurs à caractéristique série.

a) *Locomotives électriques avec moteurs à vitesse constante.* — Il n'est pas nécessaire, pour une locomotive électrique équipée avec moteurs à vitesse constante, d'atteindre des vitesses très élevées; remorqués par

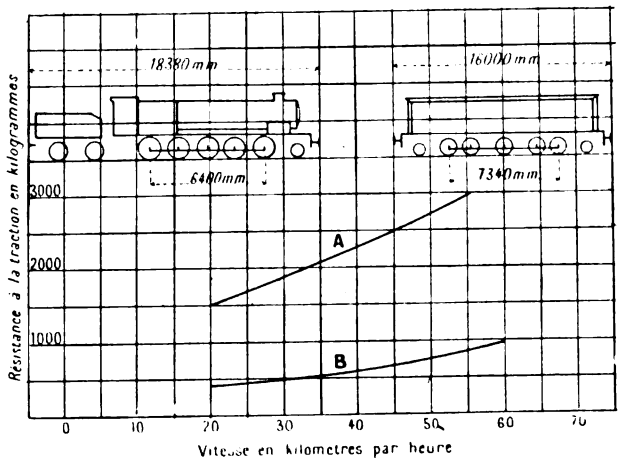


Fig. 6. — Résistance à la traction comparée d'une locomotive à vapeur et d'une locomotive électrique.

Courbe A. — Locomotive à vapeur et son tender type P.-O. 6 000, 5 essieux couplés, bissel à l'avant, diamètre des roues 1 400 mm, poids locomotive 85,2 t, tender 29,8 t.

Courbe B. — Locomotive électrique type Löetschberg. 5 essieux couplés, 2 bissels, diamètre des roues 1 350 mm, poids total 104 t.

une telle locomotive, les trains effectueront leur parcours à une vitesse quasi uniforme.

En fixant à 100 km : h la vitesse constante normale des moteurs de la locomotive, on se trouverait dans d'excellentes conditions pour pouvoir réaliser et même améliorer les horaires des trains rapides actuellement en vigueur en France.

Cette vitesse de 100 km : h devrait pouvoir être maintenue même sur rampe de 5 mm : m; on peut admettre, pour les rampes supérieures à 5 mm : m, un changement du nombre de pôles des moteurs et une vitesse inférieure, 75 km : h par exemple.

En définitive, traînant un train de 500 t, la locomotive devrait pouvoir développer :

7 000 kg environ à 100 km : h
9 000 id. 75 id.

Ce programme est très sensiblement celui qui a servi à l'établissement des locomotives triphasées E.330 des chemins de fer de l'Etat italien actuellement en service sur la ligne de Monza-Lecco (fig. 7 et 8).

Les caractéristiques de ces locomotives sont les suivantes :

Équipement électrique.

Deux moteurs d'induction de	1 300 ch.
Périodicité	16,6 p : sec
Tension	3 300 v
Rhéostat	liquide.
Vitesse de synchronisme	100-75-50-37,5 km : h

Poids.

Partie mécanique	30 600 kg
Moteurs	27 300
Contrôle	12 700
Freins	2 300
Total	72 900 kg

Dimensions.

Largeur	3 050 mm
Longueur hors tampons	11 000
Empattement total	8 400
Diamètre des roues motrices	1 650
Diamètre des roues porteuses	960

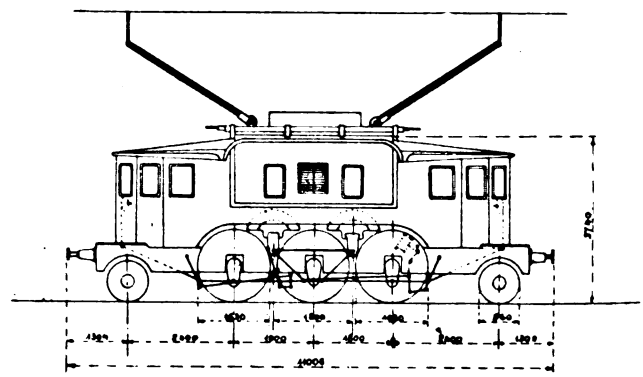


Fig. 7. — Schéma de la locomotive type E.330 des chemins de fer de l'Etat italien.

La résistance propre à la traction de cette locomotive à la vitesse de 100 km : h peut s'évaluer à 1 000 kg.

Il est à remarquer que cette locomotive n'a pas été calculée pour un service de trains analogue au service étudié; elle est destinée principalement à remorquer des trains de 350 t environ sur rampe de 1,6 pour 100 à la vitesse de 75 km : h.

Cette vitesse de 75 km : h est sa vitesse normale.

C'est cependant la seule locomotive électrique en service qui puisse être comparée à la locomotive à vapeur type Pacific des grandes Compagnies françaises, et les résultats qu'elle a donnés en service depuis plusieurs années montrent bien qu'on peut considérer le problème de l'établissement de locomotives triphasées à grande vitesse comme complètement résolu.

b) *Locomotives électriques avec moteurs à caractéristique série.* — Pour pouvoir, avec une locomotive élec-

Digitized by Google

trique équipée avec des moteurs série, réaliser à vitesse égale des efforts de traction au moins égaux à ceux d'une locomotive à vapeur, il suffit qu'à la vitesse maximum les deux locomotives développent le même effort de traction. En effet, quand la vitesse tombe, c'est que la locomotive électrique fournit une puissance plus considérable, la tension d'alimentation des moteurs conservant la même valeur; la locomotive à vapeur fournit sensiblement la même puissance quelle que soit sa vitesse; à vitesse égale l'effort de traction de la locomotive électrique sera donc toujours supérieur.

A 120 km : h une locomotive Pacific type P.-O. 3500 développe en palier au crochet d'attelage du tender un effort de 2 200 kg.

Une locomotive électrique de 100 t à 120 km : h a une résistance propre de 1 600 kg environ.

La locomotive électrique devra donc pouvoir développer aux jantes de ses roues motrices un effort de traction de 3 800 kg à 120 km : h, soit une puissance de 1 700 ch. Si on admet que ce régime doit être fourni d'une façon continue, la puissance normale de la locomotive devra être de 2 500 à 2 600 ch environ avec ventilation forcée.

S'il existe des locomotives électriques de cette puissance avec moteurs à caractéristique série soit pour courant continu haute ou basse tension, soit pour courant alternatif monophasé, aucune ne répond aux caractéristiques ci-dessus définies. On peut concevoir une telle locomotive de différentes façons, car le problème est susceptible de nombreuses solutions, suivant le dispositif utilisé pour l'attaque des roues.

On peut dire que l'établissement d'une locomotive

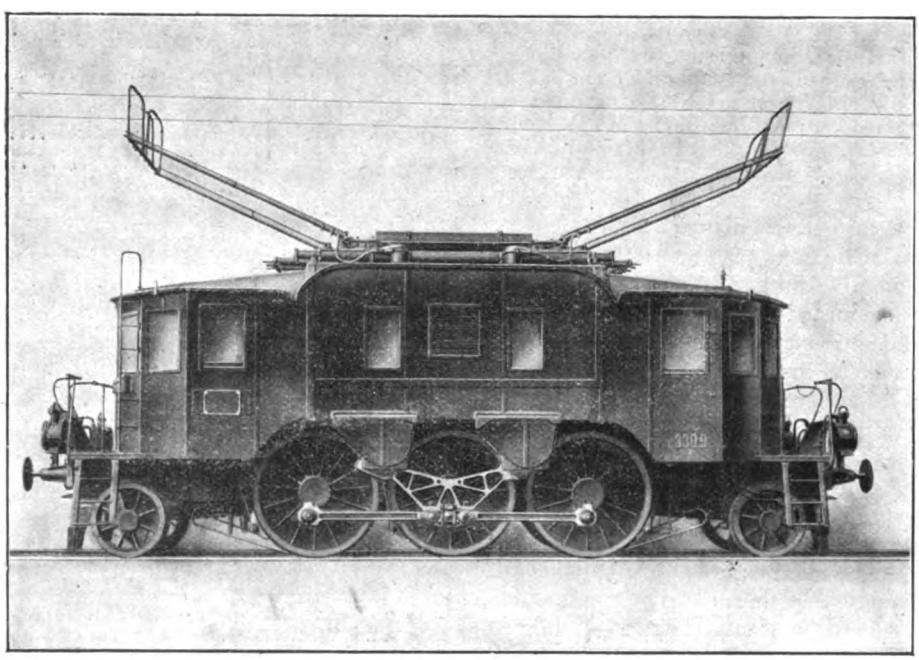


Fig. 8. — Vue de la locomotive type E. 330 des chemins de fer de l'Etat italien.

électrique à grande vitesse ne présente pas de difficultés d'ordre électrique, quel que soit le système de traction envisagé, c'est essentiellement un problème mécanique.

Les divers types de locomotives électriques ont une stabilité à peu près irréprochable aux vitesses inférieures à 70 km : h; au-dessus de cette vitesse, certains types présentent de mauvaises qualités de roulement; leurs réactions sur la voie sont extrêmement violentes.

Cette question a fait l'objet d'expériences connues de la part du Pensylvania Railroad; les conclusions de ces expériences furent que « la locomotive électrique à grande vitesse doit se rapprocher de la locomotive à vapeur au point de vue de la disposition des roues, de la répartition du poids et de la hauteur du centre de gravité et du rapport des masses suspendues aux masses non suspendues ».

Il y a, dans le fait de faire rouler à plus de 100 km : h une masse de 100 t environ sur une voie de chemin de fer, un problème mécanique qui est à résoudre, abstraction faite du système de propulsion.

En premier lieu, on peut admettre que les parties les plus pesantes de la locomotive doivent être rassemblées autant que possible vers la partie centrale, si la locomotive doit marcher dans les deux sens.

Le moment d'inertie de la locomotive par rapport à un axe vertical passant par son centre est ainsi réduit, et les réactions sur la voie à l'entrée en courbe sont diminuées.

Il est indiqué de placer le centre de gravité de la locomotive électrique à peu près à la même hauteur que le centre de gravité de la locomotive à vapeur; les excellents résultats de cette pratique ont montré son utilité.

Digitized by Google

Mais ces indications ne sont pas absolues. La General Electric Company, pour diminuer les réactions sur la voie et utiliser des moteurs à action directe, a multiplié le nombre des essieux moteurs de façon à diminuer à la fois le poids par essieu et la puissance du moteur commandant l'essieu. Les dernières locomotives du New-

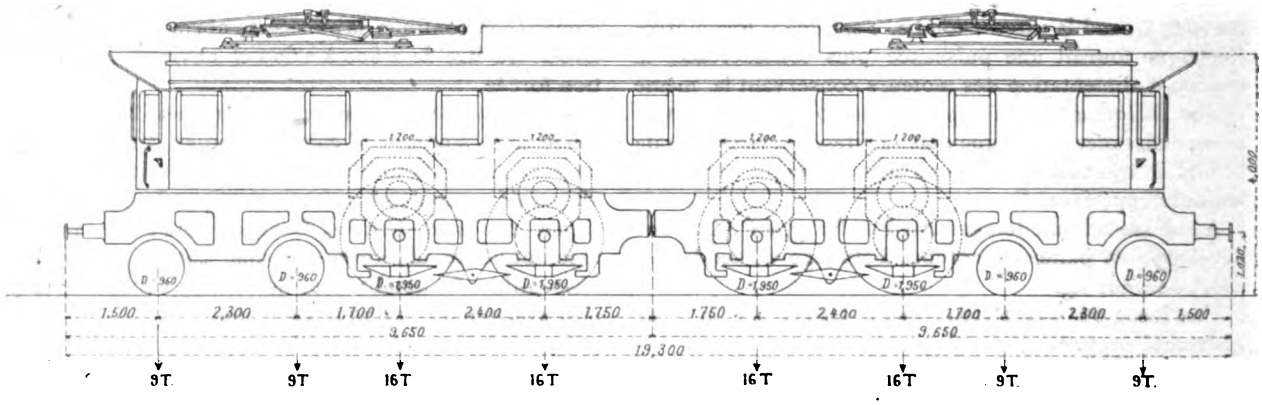


Fig. 9. — Schéma d'une locomotive à courant continu 100 t, 3 000 v, 2 600 ch, équipée avec 4 moteurs d'une puissance unihoraire de 650 ch. Vitesse unihoraire 105 km : h. Vitesse maximum 140 km : h. Roue de 1 950 mm. Rapport d'engrenage 1/2,5. Diamètre d'induit approximatif 800 mm.

Décomposition approximative des poids :

Quatre moteurs	30 000 kg
Contrôle	18 000
Freins	4 000
Partie mécanique	48 000
Total	100 000 kg

York Central ont été établies d'après ces principes et ont donné en service de bons résultats.

Le type de locomotive qui paraît le plus indiqué, principalement pour le courant continu haute et basse tension, est une locomotive à châssis articulé, à quatre essieux moteurs avec un bissel ou bogie à l'avant, et un bissel ou bogie à l'arrière, chacun des essieux étant commandé par un moteur de 650 ch à simple réduction d'engrenages.

On peut, au sujet de l'établissement d'une telle locomotive, présenter un certain nombre d'observations qui en fixent certaines caractéristiques générales.

Ce qui fixe la vitesse maximum d'une telle locomotive ce n'est pas la vitesse périphérique des moteurs, mais bien la vitesse maximum susceptible d'être atteinte sur la voie. En fixant cette vitesse maximum à 140 km : h (soit 39 m : sec), on a une marge suffisante de sécurité.

Le diamètre primitif de la roue dentée calée sur l'essieu ne doit pas être supérieur à la moitié du diamètre de la roue de roulement de façon à ne pas dépasser une vitesse de 20 m : sec pour les engrenages.

Si on admet une vitesse périphérique maximum de l'induit de 40 m : sec, et si on la fait correspondre à la vitesse maximum de 140 km : h, le diamètre du pignon devra être également la moitié du diamètre de l'induit.

Pour les moteurs de cette puissance, le rapport entre le diamètre de l'induit et la distance entre axes du moteur et de l'essieu est voisin de 1,20.

Si donc on appelle

D le diamètre de la roue de roulement en millimètres ;

Δ le diamètre de l'induit en millimètres ;

on a la relation

$$\frac{1}{4}(D+\Delta) = \frac{\Delta}{1,2}$$

d'où

$$D + \Delta = 3,33\ \Delta \qquad D = 2,333\ \Delta.$$

Cette relation est indépendante de la puissance du moteur.

Un moteur de 650 ch destiné à équiper une telle locomotive serait caractérisé par une grande vitesse péri-

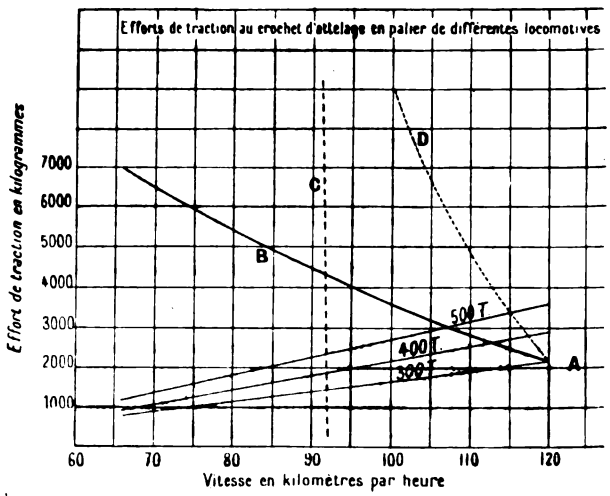


Fig. 10. — Efforts de traction au crochet d'attelage en palier de différentes locomotives.

Courbe A. — Effort de traction nécessaire au crochet pour trainer un train en palier.

Courbe B. — Effort de traction d'une locomotive Pacific Compound à vapeur surchauffée type P.-O. 3500.

Courbe C. — Effort de traction d'une locomotive triphasée des chemins de fer de l'Etat italien.

Courbe D. — Effort de traction d'une locomotive électrique 2 600 ch, courant continu 3 000 v, 100 t, 4 essieux moteurs, 2 boggies (projet).

Digitized by Google

phérique à la pleine charge unihoraire; le rapport entre la vitesse maximum et la vitesse unihoraire étant voisin de 1,4 à 1,5, on peut fixer à environ 800 mm ce diamètre de l'induit et à 1 950 le diamètre des roues motrices. Le poids d'un tel moteur à courant continu 1 500 v avec engrenages peut s'évaluer à 7 500 kg.

Le schéma général d'une telle locomotive a été reproduit sur la figure 9 avec l'estimation des poids et les caractéristiques approximatives des efforts de traction en palier au crochet, comparées aux caractéristiques des efforts de traction en palier d'une locomotive P.-O. 3 500 sont représentées sur la figure 10.

Toutes les données ci-dessus doivent être considérées comme des indications très générales ; l'établissement d'une telle locomotive devrait être étudié et essayé avec un soin tout particulier. Ce qu'on peut conclure, c'est qu'il ne parait devoir se présenter aucune difficulté insurmontable.

Lorsque le problème sera posé et étudié par les grandes Compagnies de chemins de fer, en collaboration avec les constructeurs, il sera certainement facile de le résoudre.

* * *

On vient d'établir que la traction des grands trains rapides par des locomotives électriques est aisément réalisable; il s'agit maintenant de déterminer les avantages de ce nouveau mode de traction.

Un des avantages qui se dégage immédiatement des considérations exposées précédemment est la possibilité d'envisager des poids de trains notablement plus élevés que ceux actuellement en service.

On a vu que la présence des rampes de 8 mm : m limite à 500 t le poids des trains remorqués par des locomotives Pacific d'un poids adhérent de 55 t. On est alors conduit avec la traction à vapeur, si l'on veut mettre en service des trains de poids plus élevés, soit à la double traction, soit à des locomotives à huit roues couplées. Ces deux solutions sont aussi peu recommandables l'une que l'autre.

Au contraire avec la traction électrique, l'accouplement de deux locomotives pour remorquer un train est une pratique normale et parfaitement sûre. La répartition des charges entre les deux engins se fait d'une façon parfaite.

Sans recourir à la marche en multiple des locomotives électriques, on peut également mettre en service des locomotives à 4 ou 5 essieux moteurs dont l'effort de traction sur rampe de 8 mm n'est pas limité par le poids adhérent.

Rien n'empêche donc, avec la traction électrique, la mise en service de trains de 600-700 t et même au delà, la résistance des attelages paraissant seule limiter le tonnage pouvant être remorqué.

Quand une locomotive Pacific a franchi une étape de 350 km, on est obligé de la retirer du service et d'atteler une nouvelle locomotive. Cette obligation est complètement inconnue avec une locomotive électrique, et une même locomotive pourrait franchir, voire même sans arrêts, la distance Paris-Lyon ou Paris-Bordeaux.

Les horaires actuels des trains rapides pourraient être aisément réalisés avec des locomotives électriques et même améliorés, si le profil est un peu accidenté. A vitesse égale en palier, la locomotive électrique est susceptible d'une façon générale d'assurer sur les déclivités des vitesses de régime beaucoup plus élevées que la locomotive à vapeur.

Dans le cas d'un train de 500 t, on a les chiffres suivants avec une locomotive électrique de 2 600 ch convenablement prévue.

Locomotive	Vapeur	Électricité
Palier.....	105 km : h	105 km : h
Rampe de 5 mm.	78,5 id.	96,5 id.
id. 8 mm.	66 id.	93 id.

Au point de vue économique, la supériorité de la traction électrique s'établit d'une façon très nette. Les

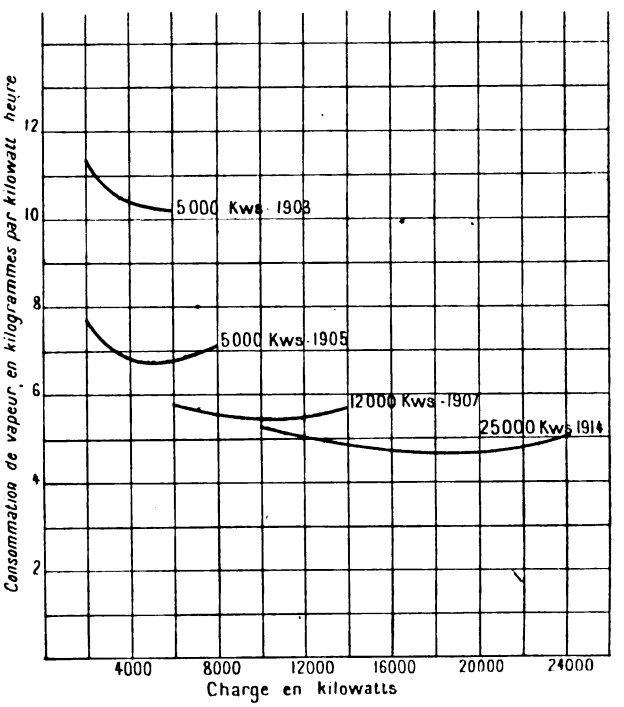


Fig. 11. — Courbes comparatives de consommation de vapeur en kg par kw-h de groupes turbo-générateurs construits de 1903 à 1914. Valeurs basées sur : Pression de la vapeur 14 kg:cm². Surchauffe 193°. Pression au condenseur 25 mm de mercure.

grandes vitesses sont en effet très coûteuses avec la traction à vapeur.

Avec un charbon de choix donnant 8 400 calories et ne laissant que 5,6 pour 100 de cendres, une locomotive P.-O. 3 500 a consommé, au cours de ses essais, en traînant un train de 506 t, 1,07 kg de charbon par cheval-heure à la jante et, en traînant un train de 366 t, 1,225 kg ; avec des charbons ordinaires analogues à ceux utilisés dans les stations centrales, c'est-à-dire

Digitized by Google

donnant 7 500 calories et laissant 8 pour 100 de cendres, on peut fixer à 1,5 kg la consommation moyenne par cheval-heure à la jante d'une telle locomotive.

Si l'on suppose la production de l'énergie électrique réalisée au moyen de la combustion du charbon, pour qu'elle se fasse dans les conditions les plus rationnelles et les plus économiques, il est nécessaire que cette production soit centralisée dans de puissantes stations génératrices. L'électrification des chemins de fer entraînera nécessairement la création de telles stations

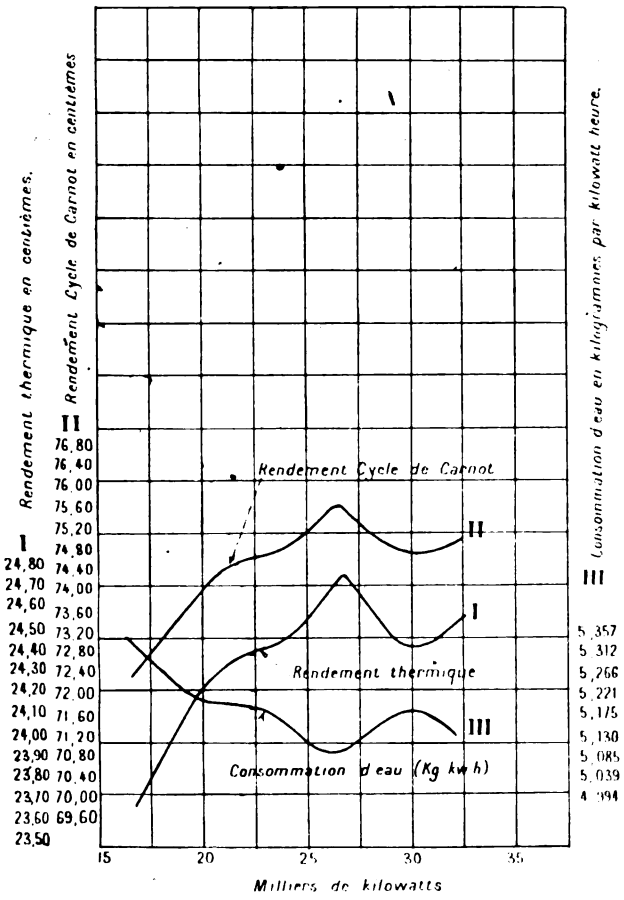


Fig. 12. — Courbe de consommation d'eau et de rendement des groupes turbo-alternateurs de 30 000 kw de l'Interborough Rapid Transit C°.

centrales; dans un pays, la puissance demandée par l'industrie est, d'une façon générale, très notablement inférieure à la puissance nécessaire à l'industrie des transports.

En 1913, le nombre total des locomotives des grandes Compagnies françaises était de 13 894, soit au moins 10 000 000 de chevaux-vapeur.

La centralisation de la production d'énergie électrique a permis, durant ces dernières années, des progrès importants comme le montrent les courbes de la figure 11. L'apparition de la turbine à vapeur a été suivie d'une augmentation incessante de la puissance des groupes électrogènes, chaque augmentation étant marquée par un meilleur rendement thermique et une moindre consommation de combustible.

En 1905, les garanties normales pour un groupe électrogène de 750 kw, comprenant une machine à vapeur Dujardin-Compound horizontale, deux cylindres, vapeur surchauffée 300° C, pression 14,9 kg : cm², vide au condenseur 64 cm de mercure étaient de :

7,350 kg par kilowatt-heure à pleine charge.
8,345 kg par kilowatt-heure à demi-charge.

L'apparition des premières turbines à vapeur de 5 000 kw améliora très sensiblement les consommations de vapeur ; en 1911, les consommations réalisées aux essais officiels pour un groupe de cette puissance à 1 500 t : minute étaient les suivantes :

Vapeur surchauffée 275° C. Pression 12,3 kg : cm².
Vide au condenseur 72,2 cm pour une pression barométrique de 76 cm de mercure.

6	kg par kilowatt-heure	à pleine charge.	
6,3	kg	id.	à 3/4 de charge.
6,75	kg	id.	à 1/2 charge.

Ces dernières années 1914-1915 ont vu l'apparition et la mise en service des groupes électrogènes de 25 000 et 30 000 kw ; des groupes électrogènes de 60 000 et 75 000 kw sont en construction.

Les essais du groupe de 30 000 kw de l'Interborough Rapid Transit Company (New-York) ont donné les résultats suivants :

Pression de la vapeur 14 kg : cm², vapeur surchauffée 220°.
Vide au condenseur 73,8 cm pour une pression barométrique de 76 cm de mercure.

5,18	kg par kilowatt-heure	à pleine charge.
5,06	id.	à 3/4 de charge.
5,52	id.	à 1/2 charge.

Le résultat immédiat de l'apparition de ces énormes unités a été d'abaisser au-dessous de 1 kg le poids de charbon consommé par kilowatt-heure moyen aux barres de distribution.

L'Interborough Rapid Transit Company est arrivé à produire ce kilowatt-heure moyen avec 700 g de charbon (fig. 12).

Une usine de la région de Paris accuse un poids de charbon de 950 g par kilowatt-heure moyen, bien qu'elle assure un service d'éclairage qui donne une charge irrégulière.

Le cheval-heure électrique aux barres de distribution nécessite donc 550 à 700 g de charbon, tandis que le cheval-heure aux jantes motrices des locomotives nécessite au moins 1 500 g.

Si on applique ces résultats à un exemple concret, comme par exemple la traction d'un train rapide entre Paris et Tours, on arrive au résultat suivant :

Digitized by Google

Système de traction.	Vapeur.	Electricité.
Parcours Paris-St-Pierre-des-Corps	233 km	233 km
Poids du train remorqué.	266,5 t	266,5 t
Poids de la locomotive...	93 t	100 t
Poids du tender.....	47 t	
Temps de marche.....	148 min	148 min
Vitesse moyenne de marche.....	93,4 km:h	93,4km:h
Puissance moyenne en chevaux-vapeur au crochet de traction.....	897 ch	897 ch
Puissance moyenne en chevaux-vapeur nécessaire pour la propulsion de la locomotive et du tender.	590 ch	432 ch
Résistance moyenne à la traction de la locomotive et du tender.....	1 700 kg	1 250 kg
Puissance moyenne totale en chev-vapeur aux jantes des roues motrices.	1 487 ch	1 329 ch
Chevaux-heure aux jantes des roues motrices....	3 667 ch-h	3 277 ch-h
Rendement moyen de la transmission électrique :		
Locomotive électrique...		85%
Ligne de contact.....		90%
Commutatrices.....		91%
Transformateurs abaisseurs.....		97%
Ligne haute tension.....		95%
Transformateurs élévateurs.....		97%
Rendement global.....		62,1%
Chevaux-heure aux barres de distribution de la station centrale.....		5 270
Kilowatts-heure aux barres de distribution de la station centrale.....		3 880 kw-h
Consommation moyenne de charbon par kilowatt-heure.....		800 g
Charbon à 8 400 calories consommé.....	4 525 kg	
Charbon à 7 500 calories consommé.....	5 070	3 104 kg

L'économie de charbon réalisée est donc de 60 pour 100 environ.

En réalité, quand en France se posera la question de l'électrification des grandes lignes, il est très probable qu'un réseau général des systèmes de distribution d'énergie électrique se sera organisé ; en particulier les forces hydro-électriques des Alpes, peut-être même des Pyrénées, seront reliées aux grandes stations centrales alimentées par le charbon des régions du Nord. Les conditions économiques dans lesquelles l'énergie électrique sera produite seront infiniment plus favorables.

En résumé, la traction des grands trains rapides de voyageurs sur le réseau des chemins de fer français pourrait se faire sans difficulté spéciale avec des locomotives électriques. Les avantages de l'emploi de ces locomotives seront les avantages généraux que la traction électrique a permis de constater dans la plupart de ses applications, augmentation possible du tonnage des trains, amélioration des horaires, économie de combustible. Ces caractères généraux se retrouveraient d'ailleurs dans les autres services de l'exploitation qu'il s'agisse des trains omnibus de voyageurs ou des trains lourds de marchandises.

L. Esbrax.

Armature Préel pour pied de poteau en bois

Rien ne saurait mieux démontrer la faveur dont jouissent les poteaux en bois, grâce à leurs avantages techniques et économiques, que les nombreuses recherches effectuées, d'une part, pour assurer leur conservation (La Revue électrique, *divers procédés d'injection, t. XVI et XVII) ou, d'autre part, pour réparer ceux que la pourriture a endommagés* (La Revue électrique *: procédé Knapen, t. XV; procédé L. Fay, t. XVI; procédé Buisset et Augustin, t. XVIII; procédés Leclerc, t. XIX et XXI; procédé Woebeken, t. XXI). Nous décrivons aujourd'hui l'armature Préel pour poteaux en bois, qui a donné d'excellents résultats sur le réseau du Neubourg dont M. Maurice Préel est le directeur.*

Bien des dispositifs ont été préconisés pour remédier aux inconvénients résultant de la pourriture que subissent les pieds des poteaux en bois implantés dans le sol. On a même été jusqu'à la solution radicale consistant à leur substituer des poteaux en ciment armé ou des pylônes en fer. Mais si cette solution donne des garanties sérieuses au point de vue de la sécurité, elle enfle les dépenses de premier établissement à un degré inacceptable lorsqu'il s'agit de lignes de distribution secondaires, de lignes télégraphiques ou de lignes téléphoniques.

D'ailleurs, l'emploi de poteaux en bois, outre qu'il réduit les frais de construction des lignes, présente certains avantages pour leur exploitation : la fixation des isolateurs y est plus commode que sur les poteaux en ciment ou les pylônes en fer; il est possible de modifier l'emplacement de ces isolateurs lorsque le besoin s'en fait sentir, par exemple, en cas d'établissement de nouvelles lignes ou de nouvelles dérivations; il est facile d'accéder à leurs sommets sans autre matériel qu'une simple paire de grappins; en cas de rupture d'un isolateur ou de la chute d'un conducteur sur son support, ils assurent à la ligne un isolement souvent suffisant pour permettre la continuation du service ; enfin, ils possè-

Digitized by Google

dent une élasticité qui procure aux isolateurs une fatigue bien inférieure à celle que subissent les isolateurs montés sur supports rigides et leur assure une plus longue durée.

Pour ces diverses raisons, le poteau en bois n'est pas près de disparaître du matériel de construction des lignes électriques. Reste donc à trouver un moyen pratique d'en assurer le service lorsque la pourriture de son pied donne lieu de craindre sa rupture au prochain coup de vent, ou, mieux encore, d'éviter cette pourriture et conserver ainsi au poteau toute sa résistance mécanique pendant de nombreuses années.

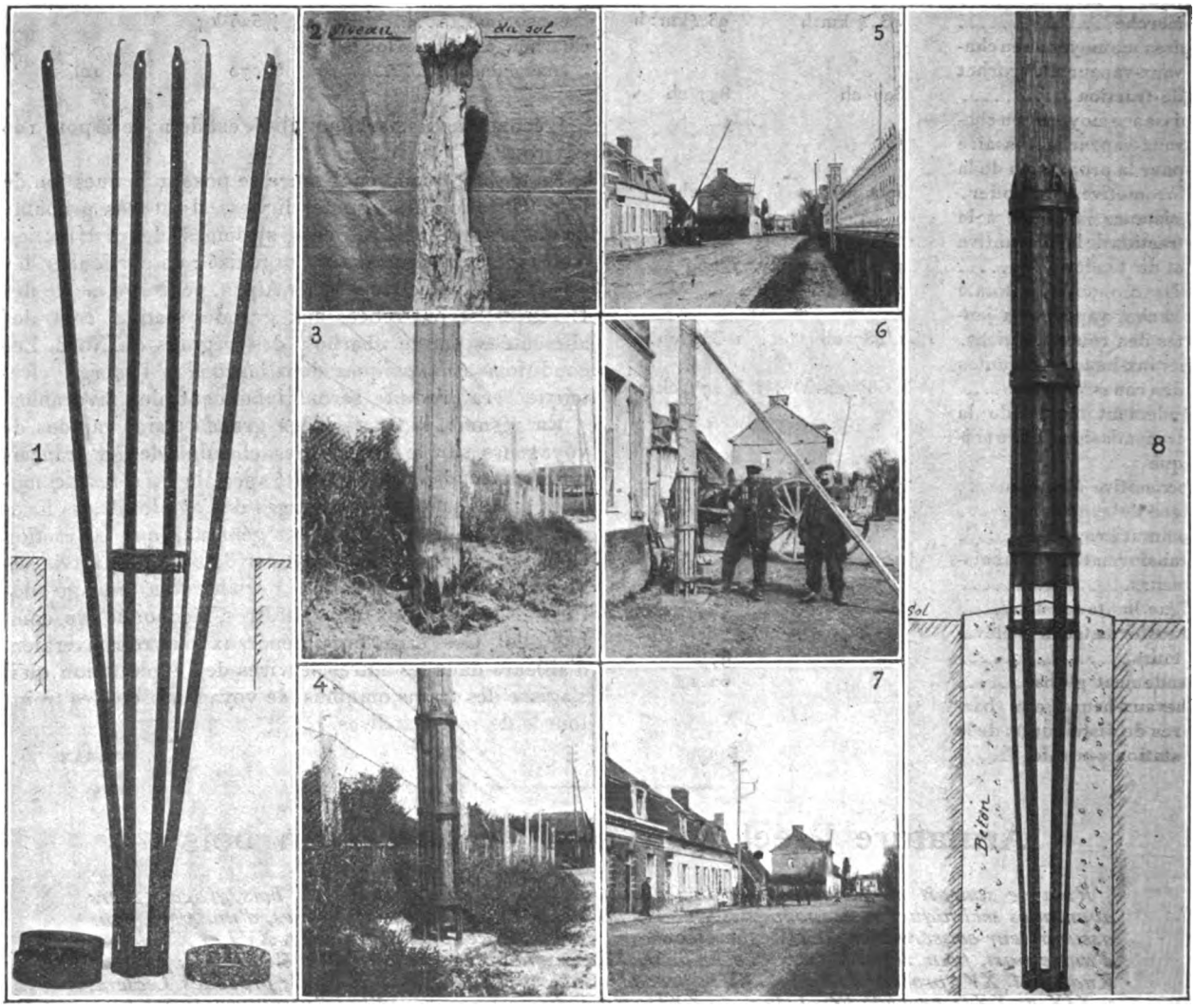


Fig. 1 à 8. — Armature Préel pour poteaux en bois.

1. Vue de l'armature avant usage. — 2. Vue d'un pied de poteau planté depuis cinq ans dans de l'argile rouge. — 3. Poteau de ligne à 5 000 v., de 17 cm de diamètre. — 4. Le même poteau, trois heures après, muni de l'armature Préel. — 5. Poteau de ligne à 5 000 v, brisé par une tempête; état de la ligne à 9 heures. — 6. Réparation du poteau; terminaison du frettage et du scellement. — 7. Le même poteau à 13 heures; le courant n'a pas été interrompu pendant la réparation. — 8. Vue d'une armature fixée à un poteau.

Nous disions plus haut que de nombreux dispositifs ont été préconisés dans ce double but. Il serait trop long de les rappeler ici, et d'ailleurs ils sont bien connus des intéressés. Bornons-nous donc à signaler à ceux-ci un dispositif sur lequel M. Maurice Préel, directeur du réseau du Neubourg (1), a récemment appelé notre attention, et qui, bien que n'étant pas absolument nouveau puisque M. Préel l'utilise depuis plusieurs années déjà, possède, par cela même, la sanction de la pratique.

Les figures 1 et 8 de la planche ci-dessus montrent ce dispositif. Il consiste, comme on le voit, en une armature en fer susceptible d'être ancrée au sol dans une armature de béton et dont la partie supérieure embrasse la base du poteau.

(1) Une description des installations de ce réseau a été publiée dans *La Revue électrique*, 6 février 1911, t. XXI, p. 131-137, 5 fig.

Digitized by Google

Cette armature se compose d'une série de barres plates de fer, formant montants et assemblées par deux frettes circulaires. La frette inférieure, d'un diamètre de 8 à 10 cm, réunit toutes les barres au moyen de rivets; l'autre frette, placée au milieu des montants et d'un diamètre presque égal à celui de la base du poteau, est également rivée aux barres, sauf toutefois à deux d'entre elles qui sont laissées libres pour faciliter l'introduction du poteau dans l'armature et sont ultérieurement fixées sur la frette à l'aide de boulons.

Les extrémités libres des montants sont appointées et recourbées à angle droit sur une longueur d'environ 1 cm. Ces pointes s'enfoncent dans le bois sous l'effet de deux ou trois frettes circulaires que l'on fait glisser sur l'armature à coups de marteau de façon que celle-ci étreigne énergiquement le poteau. L'armature et le poteau se trouvent ainsi rendus solidaires sans qu'il soit besoin d'aucun boulon traversant le poteau, et, par conséquent, sans créer aucun point faible dans celui-ci.

Les dimensions des armatures varient nécessairement suivant le diamètre, et, par suite, suivant la hauteur du poteau à armer. Toutefois, en pratique, deux types suffisent généralement pour la plus grande partie d'un réseau : un pour les poteaux placés en alignement droit; un autre, de la série supérieure, pour les poteaux d'angle.

L'emploi de ces armatures permet de réparer en moins de trois heures un poteau endommagé sans qu'il ait été besoin d'arrêter le passage du courant sur la ligne. Bien souvent M. Préel a réparé ainsi des poteaux d'une longueur de 14 m, sans rencontrer de difficultés sérieuses, bien que parfois l'opération fût tout d'abord considérée comme dangereuse. Les figures 3 et 4 et les figures 6 et 7 donnent deux exemples de réparations de ce genre.

Ajoutons que l'armature Préel peut, en raison de son prix peu élevé, être utilisée non seulement pour la réparation des lignes existantes, mais encore pour l'établissement de nouvelles lignes. Dans ce cas, la pose des poteaux peut être faite avec des frais de maçonnerie très réduits, soit que l'on noie, avant la pose, l'extrémité inférieure de l'armature dans du béton coulé dans un moule formé de quatre planches, soit que, lorsque la nature du sol s'y prête, on fonce à la tarière un trou dans lequel on place l'armature puis on verse du béton. Une partie de la dépense occasionnée par les armatures se trouve couverte par l'économie résultant de l'emploi de poteaux moins longs que ceux qui seraient nécessaires si l'on employait des poteaux non armés; d'autre part, l'amortissement de l'excédent de dépense est largement assuré par la diminution des frais d'entretien et de réparation des lignes, sans compter les pertes de recettes et parfois les paiements d'indemnités auxquelles donnent lieu les interruptions de service. En outre, l'ingénieur qui aura fait les calculs de la résistance mécanique de la ligne sera assuré que cette résistance se maintiendra et que la ligne ne constituera pas, au bout de quelques années, un véritable danger public.

J. R.

Revues, analyses et informations

Résultats d'exploitation de l'American Telephone and Telegraph Co en 1915.

Contrairement à ce qui a lieu dans la plupart des nations européennes, les services télégraphiques et téléphoniques des États-Unis sont dévolus à des Compagnies privées. Parmi celles-ci, la plus importante est l'American Telephone and Telegraph Co. Les renseignements suivants, empruntés au « Journal télégraphique » de Berne (1), donnent quelques indications sur les résultats d'exploitation de cette Compagnie pendant l'exercice 1915.

La longueur totale des lignes, au 31 décembre 1915, atteignait 331 939 km, correspondant à une longueur de fils de 29 775 422 km, se répartissant en 16 953 771 km de fils souterrains, 12 763 223 km de fils aériens et 58 429 km de fils sous-marins, soit encore, suivant une autre classification, en 3 947 654 de fils interurbains et 25 827 768 km de fils urbains.

Le nombre des circuits urbains était de 5 107 402 km, celui des postes centraux de 5 300, celui des postes Bell de 6 155 900 et enfin celui des postes-annexes de 2 995 321.

Le personnel employé directement par la Compagnie comprend 156 294 personnes, sans compter celles qui dépendent des 28 306 Compagnies, lignes et systèmes annexés.

Le nombre des conversations journalières est de 25 183 799 pour le service urbain et de 819 030 pour le service interurbain.

La valeur des conduites souterraines est évaluée à 94 500 000 dollars, celle des câbles placés dans les conduites à 111 200 000 dollars. La valeur de l'ensemble du réseau a augmenté de 729 824 000 dollars pendant les seize dernières années (1900-1915); son augmentation, pendant l'année 1915, a été de 32 863 717 dollars.

Le rapport entre le nombre total des abonnés au téléphone Bell et le chiffre de la population aux Etats-Unis a monté de 1/33 en 1905, à 1/16 en 1910 et à 1/11 en 1915.

La moyenne des recettes, dépenses et recettes nettes par station est donnée, pour les années 1910, 1914 et 1915, par le tableau suivant :

MOYENNE PAR STATION		1910 dollars	1914 dollars	1915 dollars
Recettes.	Service urbain	31,28	29,81	29,80
	Service interurbain	9,47	8,60	8,65
Dépenses.	Exploitation	15,14	15,88	15,61
	Impôts	2,00	2,00	2,02
Différence : entre recettes et dépenses.		23,61	20,53	20,82
A déduire : entretien et dépréciation		13,46	12,62	12,38
Recette nette		10,15	7,91	8,44

(1) Les télégraphes et les téléphones réunis aux Etats-Unis d'Amérique en 1915. *Journal télégraphique*, 35 mars 1717, p. 43-45.

Digitized by Google

Le tableau ci-dessous donne d'autres résultats de l'exploitation pendant ces trois années :

	1910	1914	1915	
Dépense d'exploitation en centièmes par rapport aux recettes téléphoniques...	37,2	41,4	40,6	%
Dépense téléphonique en centièmes par rapport aux recettes téléphoniques...	75,1	79,4	78,1	%
Entretien et dépréciation en centièmes par rapport au prix moyen d'installation, accessoires, etc.....	9,5	8,9	8,8	%
Augmentation en centièmes des stations (1).....	11,8	6,4	6,9	%
Augmentation en centièmes des miles de fils urbains (1)	12,0	9,2	6,8	%
Augmentation en centièmes des miles de fils interurbains (1) (non compris les lignes à grande distance).....	11,5	5,5	0,9	%
Coût moyen d'installation en dollars par station (comprenant la construction urbaine et interurbaine, sans les lignes à grande distance	143	141	138	$
Coût moyen en dollars par mile de fil interurbain (y compris les poteaux et conduites, sans les lignes à grande distance).....	66	69	70	$
Recettes téléphoniques brutes en centièmes par rapport au prix moyen d'installation.....	28,8	27,6	27,7	%
Profits nets en centièmes par rapport à la valeur moyenne du capital en obligations.....	7,52	6,66	7,20	%
Profits nets en centièmes par rapport à la valeur du réseau et autres biens...	6,65	5,51	5,84	%
Somme en centièmes distribuée par rapport à la valeur moyenne du capital en obligations.	6,01	5,88	5,88	%
Somme en centièmes distribuée par rapport à la valeur du réseau et autres biens.....	5,31	4,87	4,76	%

L'événement le plus saillant de l'année 1915 est l'ouverture de la communication téléphonique transcontinentale raccordant Boston et New-York, sur la côte de l'Atlantique, à San Francisco, sur la côte du Pacifique. Ce service a été ouvert le 25 janvier 1915. Il a été suivi de l'extension des communications téléphoniques « aux plus grandes distances » dans tous les Etats de l'Union américaine, par l'application au système Bell des progrès techniques réalisés dans la communication transcontinentale. Ainsi, les abonnés au système Bell, sur une très grande partie du territoire couvert par les lignes de ce système, peuvent communiquer entre eux, sans égard à la distance.

Pendant cette même année 1915, la téléphonie sans fil a aussi pris un essor très considérable.

Le 4 avril, la Compagnie Bell communiquait de la station radiotélégraphique installée à Montauk Point, sur Long Island, avec Wilmington Delaware.

Le 27 août, après avoir installé ses appareils à la station de T. S. F. d'Arlington, Virginia, avec la permission du Département de la Marine, la Compagnie communiquait de cette station avec la station de T. S. F. de la Marine, équipée avec les appareils de la Compagnie et située sur l'isthme de Panama.

Le 29 septembre, la Compagnie Bell communiquait, par fil, de ses quartiers généraux à New-York, avec la station d'Arlington, Virginia et de celle-ci, par téléphonie sans fil, à travers le continent, avec la station radiotélégraphique installée à Mare Island Navy Yard, California.

Le lendemain, la Compagnie établissait une communication par téléphonie sans fil entre Arlington, Virginia et Pearl Harbor (îles Hawaï).

Le 22 octobre, de la tour d'Arlington en Virginie, les ingénieurs de la Compagnie parlaient à travers l'Atlantique avec la station de la tour Eiffel à Paris, où d'autres ingénieurs de la Bell, en compagnie de fonctionnaires militaires français, entendirent les mots prononcés à Arlington.

Le même jour, pendant que s'effectuait la communication radiotéléphonique transatlantique avec Paris, l'ingénieur-représentant de la Compagnie à Pearl Harbor (îles Hawaï) entendait, avec un fonctionnaire de la Marine américaine, les paroles adressées d'Arlington à Paris.

(1) L'augmentation est celle de l'année indiquée sur l'année précédente.

Chauffeur d'air électrique pour le séchage des obus par l'air chaud.

On sait qu'après tournage, les obus sont soumis à la pression hydraulique, afin de déceler les porosités ou fissures que pourrait présenter le métal, puis égouttés et séchés intérieurement.

Cette dernière opération étant, en somme, improductive, on conçoit tout l'intérêt qu'il y avait à en abréger, le plus possible, la durée.

C'est dans cet ordre d'idées, que la Société « Constructions électriques Nancy » vient de réaliser, pour le compte d'une importante usine de la région, désormais célèbre par ses bombardements, un appareil (fig. 1) de réchauffage d'air R, dont la combinaison avec un ventilateur V et un tube T muni d'ajutages latéraux a, constitue un dispositif à la fois simple et économique, donnant les meilleurs résultats.

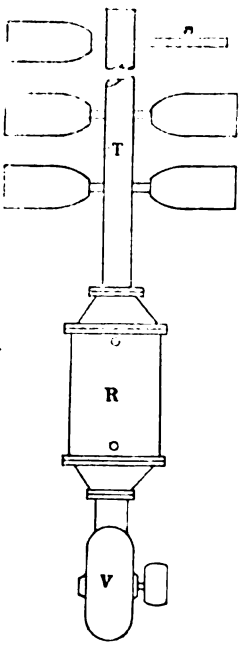


Fig. 1.

L'appareil de chauffage, constitué par une série de plaques de résistances, disposées en nid d'abeilles et placées à l'intérieur d'une enveloppe cylindrique en tôle, garnie de calorifuge, peut être établi pour fonctionner sur courants continus ou alternatifs ; un rhéostat approprié permet d'en régler la consommation d'après l'état atmosphérique ou les besoins de la fabrication.

Le tube aux ajutages est placé au milieu d'une longue table, sur laquelle les obus sont apportés, puis retirés, suivant un roulement continu.

Grâce à ce dispositif, vingt-quatre obus peuvent être rendus parfaitement secs en moins d'un quart d'heure, pour une consommation d'énergie comprise entre 3 et 4 kw-h.

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

Assemblées générales

Société centrale pour l'Industrie électrique.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 5 MARS 1917.

Les résultats de l'exercice 1916, qui se sont traduits par un solde créditeur de 834 259 fr au lieu de 776 260 fr en 1915, en léger progrès sur ceux de l'année précédente, n'en ont pas différé sensiblement, la prolongation des hostilités ayant limité les opérations de la Société Centrale pour l'Industrie électrique.

La Société avait décidé, dans les assemblées précédentes, de porter à un fonds de provision pour amortissements et risques en cours l'intégralité des bénéfices de 1914 et 1915. Ce fonds s'élevait ainsi à 1 886 846 fr, et, en y ajoutant le résultat de l'exercice écoulé, il se trouvait porté à 2 701 106 fr.

Le Conseil d'administration a estimé que les dépréciations et amortissements, dont il pourrait y avoir lieu éventuellement de faire état, seraient loin d'atteindre le montant dont la Société pouvait disposer et qu'une évaluation prudente lui permettait de prélever sur les bénéfices accumulés la somme nécessaire pour répartir un bénéfice de 25 fr par action.

Le rapport du Conseil donne, en outre, quelques renseignements sur les affaires de distribution d'énergie dans lesquelles la Société est intéressée.

La *Compagnie Centrale d'Énergie électrique* a vu ses recettes augmenter de plus de 20 pour 100 en raison de l'essor pris par l'industrie dans la région de Rouen. La Compagnie a émis pendant l'exercice 15 millions d'obligations pour liquider les dépenses résultant de l'acquisition du secteur d'Oran et de l'extension des réseaux d'Alger.

La *Compagnie générale de distribution d'Énergie électrique*, qui enregistre des plus-values importantes de recettes, a mis en service l'usine de Billancourt.

Les *Compagnies réunies Gaz et Électricité de Lisbonne*, la *Société d'Électricité de Rosario*, la *Société Force électrique de Bakou*, malgré une élévation de leurs recettes, ont eu à supporter des charges croissantes en raison de l'élévation des prix des combustibles et de la main-d'œuvre.

Peu de renseignements ont pu être obtenus sur les affaires de Constantinople.

Voici comment se présentait le bilan de la Société Centrale pour l'Industrie électrique en clôture d'exercice.

BILAN AU 30 DÉCEMBRE 1916.

Actif.

	fr
Frais de constitution	1 »
Mobilier et installations	549.25
Frais d'études et divers à amortir	59 587.95
Dépôts et cautions	50 »
Portefeuille et participations	11 496 948.10
Comptes courants débiteurs	15 078 971.09
Espèces en caisse et en banques. Bons de la Défense nationale	1 271 623.21
Comptes divers et comptes d'ordre débiteurs	495 970.35
	28 398 700.95

Passif.

	fr
Capital	20 000 000 »
Réserve statutaire	137 736.31
Comptes divers et comptes d'ordre créditeurs	2 585 007.43
Comptes courants créditeurs	2 841 978.85
Coupons à payer	423.60
Provisions pour amortissements et risques en cours	1 866 846.63
Profits et pertes de l'exercice	834 259.16
Reliquat de l'exercice 1913	132 448.97
	28 398 700.95

Société générale pour favoriser le développement du Commerce et de l'Industrie en France.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ANNUELLE DU 29 MARS 1917

Les actionnaires de la Société générale se sont réunis, le 29 mars 1917, en assemblée générale, sous la présidence de M. Guernaut, président du Conseil d'administration.

Le rapport déclare que le Conseil, tout en préparant la Société générale à remplir le rôle qui sera dévolu aux établissements de crédit dans la nouvelle organisation économique qui suivra la victoire, s'est particulièrement consacré à fournir à la Défense nationale la plus large participation possible qui se chiffre par la somme considérable de près de 4 milliards aux titres divers d'emprunts, bons et obligations de la Défense, ventes et prêts de titres de pays neutres. D'autre part, la progression constante du chiffre d'escompte ainsi que l'apurement progressif des engagements moratoriés attestent la reprise des affaires et la renaissance du crédit que la Société générale s'efforce de favoriser par tous les moyens en son pouvoir.

Après avoir indiqué les affaires auxquelles la Société générale a prêté son concours, soit sous forme de placement d'obligations, soit comme participant à la formation ou à l'augmentation du capital, le rapport constate que la réorganisation des affaires dont la guerre a entravé le développement se poursuit d'une manière favorable. C'est ainsi que la Barcelona Traction and Power Company se trouve aujourd'hui dans une situation très améliorée permettant d'espérer que les prévisions des fondateurs seront bientôt réalisées. Quant à la Brazil Railway, sa réorganisation, entreprise par les comités d'obligataires constitués sous les auspices de l'Office national, est également très avancée et autorise à croire que l'affaire, d'ici peu de temps, pourra, sous une direction nouvelle, reprendre son cours normal.

Enfin, le rapport mentionne la fondation récente de la Banque du Chili qui, reprenant l'actif de l'ancienne Banque de la République, facilitera aux commerçants et industriels français les relations avec ce pays.

Le Conseil signale à l'attention des actionnaires le labeur incessant de tout le personnel et la bonne volonté dont il donne des preuves multiples malgré la charge progressivement plus lourde qui lui incombe. Ce dévouement constant

Digitized by Google

a été reconnu par toutes les améliorations et avantages qu'il était possible d'accorder. Une fois de plus, le Conseil salue la mémoire de ceux qui sont tombés glorieusement pour le salut du pays.

Sur le produit net de l'exercice qui s'est élevé à 10 771 000 fr le Conseil a proposé de prélever 10 millions pour servir aux actions un intérêt de 4 pour 100, soit 10 fr. par action. Un acompte de 4 fr pour 100, ayant été déjà payé, le solde de 6 fr serait distribué à partir du 2 juillet, sous déduction de l'impôt, soit net 5,54 fr.

Les censeurs-commissaires se sont entièrement associés aux conclusions du Conseil, donnant notamment leur pleine adhésion à la proposition ayant pour objet une répartition de 4 pour 100.

Cette résolution comportant également l'approbation des comptes a été votée par l'Assemblée à l'unanimité moins cinq actionnaires.

L'Assemblée a, en outre, renouvelé les pouvoirs des Administrateurs sortants, MM. Crozier, Defontaine et de Sessevalle; elle a réélu censeur pour trois ans, M. Lavallée, et comme commissaires pour l'exercice 1917, MM. Lavallée, Cornélis de Witt et Desroys du Roure.

Revues, analyses et informations

Chambre de commerce.

Chambre de commerce d'Orléans. — Dans sa séance de mars, cette Compagnie a examiné, outre de nombreuses questions d'intérêt local ou régional, plusieurs questions d'intérêt général parmi lesquelles nous relevons les suivantes :

1° *Le rendement des forêts domaniales.* — Dans une étude approfondie de la question, M. Arnodin, le constructeur de Châteauneuf-sur-Loire, a fait ressortir que, si nos forêts domaniales sont le plus souvent intelligemment plantées et sagement organisées, elles sont généralement mal exploitées. Or, on ne doit pas oublier que la forêt, tout en étant une parure de notre sol et un régulateur d'humidité, est également un réservoir de produits fonciers et que, seul, le commerce sait mettre en valeur les produits naturels et en faire une richesse nationale. Il convient donc qu'aux conservateurs, aux inspecteurs et aux gardes qui sont, presque toujours incompétents en matière commerciale, soient adjoints des commerçants. M. Arnodin estime que cette adjonction pourrait être réalisée sans rien changer à l'administration actuelle de notre domaine sylvestre par la création d'un Comité consultatif qui, se réunissant au moins une fois par an dans le mois précédant la mise en adjudication des coupes, donnerait son avis sur toutes les questions commerciales soulevées par l'exploitation des forêts.

Sur le rapport fait sur cette étude par M. Leturque, la Chambre de commerce a pris la délibération suivante :

« Considérant que le Code forestier, datant de 1827, pourrait être amélioré dans certains articles où sa rigidité se prête mal aux diverses éventualités économiques ;

» Considérant qu'il est indispensable au bon rendement de la forêt domaniale, pour tirer le meilleur parti de cette propriété nationale, de sentir et apprécier les besoins du commerce des bois,

» Émet le vœu :

» Que soient faites une étude et une revision du Code forestier qui le mettent mieux en rapport avec les pratiques commerciales modernes et lui donnent plus de souplesse en ce qui concerne les ventes de bois.

» Que soit adjoint à l'administration forestière un Comité consultatif — distinct pour chaque forêt — comprenant les différentes spécialités qui peuvent éclairer cette administration sur les points où sa compétence est insuffisante ;

» Prie M. le ministre de l'Agriculture de bien vouloir considérer l'urgence que les événements actuels donnent à la réalisation de ce vœu. »

Ajoutons que tous ceux qui sont intéressés dans les entreprises de production de l'électricité par les forces motrices hydrauliques ne peuvent qu'approuver cet effort de la Chambre de Commerce d'Orléans en vue d'augmenter les ressources financières de notre domaine forestier. Ils savent trop que bien des améliorations, reconnues cependant indispensables pour la régularisation du débit de nos cours d'eau, ne peuvent être réalisées faute d'argent pour ne pas désirer qu'une meilleure exploitation commerciale de nos forêts vienne fournir les fonds nécessités par ces travaux.

2. *La question de l'apprentissage.* — Cette question a donné lieu à un fort intéressant rapport de M. Méré dans lequel se trouve discuté le projet de loi sur le « contrat d'apprentissage » présenté, le 10 juillet 1914, par MM. Henri Michel et Alfred Mascureau. Ce rapport ayant été reproduit dans la R. G. E. du 5 mai, page 714, nous nous bornons ici à signaler que la Chambre de Commerce a donné son approbation à ce projet de loi sous réserve de quelques modifications.

3. *L'achèvement des ports et des voies navigables.* — La Chambre de Commerce se déclare absolument favorable aux principes de la proposition de loi de M. le sénateur Audiffred tendant à l'achèvement de nos ports de voies navigables.

Rappelons que cette proposition a pour but de fournir les moyens financiers nécessaires au prompt achèvement de notre outillage national. Avec le système financier actuel il faudra quatorze ans pour achever les travaux des ports et des voies navigables actuellement en cours, bien qu'ils ne comportent qu'une dépense d'environ 500 millions. Or, les travaux nouveaux indispensables pour assurer à l'agriculture et à l'industrie l'outillage dont elles ne peuvent se passer, sont évaluées à 3 milliards. Avec les moyens financiers actuels, il faudrait donc au moins trois quarts de siècle pour les exécuter. La proposition Audiffred prévoit l'exécution de ces travaux, non seulement par les ressources ordinaires du budget, mais surtout au moyen d'emprunts effectués soit directement, soit par l'intermédiaire des Chambres de Commerce, avec garanties d'intérêt et droits de péage.

La Chambre de Commerce d'Orléans, tout en se ralliant, ainsi qu'il est dit plus haut, au principe de cette proposition, estime cependant que, « si l'on veut voir aboutir les travaux nécessaires, il serait préférable d'adjuger la concession de l'exploitation à des Compagnies financières qui auraient intérêt à exécuter ces travaux promptement. »

Digitized by Google

SECTION DE LÉGISLATION

Les tramways électriques et les accidents qu'ils causent

QUESTION DE COMPÉTENCE

Notre collaborateur Paul Bougault, au sujet d'une décision récente du Tribunal des Conflits, explique, dans l'intérêt des Compagnies de tramways électriques, les principes les plus intéressants et les plus fréquemment rencontrés dans la pratique sur la démarcation toujours délicate entre la jurisprudence administrative et la jurisprudence judiciaire.

Un accident fort banal, survenu à un camion circulant dans les rues de Marseille, vient de donner lieu à un grand luxe de procédures, plus grand que ne le méritait le dommage causé qui était évalué à 300 fr par le propriétaire de la voiture détériorée : mais il s'agissait d'une question de principe, la plus difficile à résoudre dans le domaine juridique, parce qu'elle touche le point délicat de la compétence administrative, ou, plus exactement de la limite entre la compétence exceptionnelle du Conseil de préfecture et celle des tribunaux de droit commun.

Un camion, appartenant à un sieur Guiau à Marseille, avait heurté un rail faisant saillie au-dessus de la chaussée et avait été détérioré; le propriétaire ne paraît pas avoir éprouvé la moindre hésitation et a fait ce raisonnement : « Si un wattman imprudent avait tamponné ma voiture, le tribunal de Commerce serait certainement compétent pour condamner la Compagnie des tramways à la réparation du préjudice causé : pourquoi en serait-il autrement, étant donné que la Compagnie des tramways est propriétaire de sa voie, et que sa faute a consisté à ne pas savoir la bien entretenir : sa responsabilité provient dans tous les cas d'un vice dans son exploitation, et est engagée sans aucun doute. »

Il assigna donc devant le tribunal de Commerce la Compagnie délinquante pour avoir le paiement de la somme due. Mais cette Compagnie déclara qu'elle était absolument innocente de la saillie de la voie ferrée. Un entrepreneur de travaux publics avait refait, dans le voisinage, le pavage de la chaussée et il en était résulté une dénivellation qui avait fait sortir le rail en dehors du sol, bien que la Compagnie ait pris autrefois le soin de l'encastrer au niveau de la surface, sur un plan absolument uni. Elle appela donc en cause l'entrepreneur, un sieur Raguieu, qui, très averti de tout ce qui touche les choses de droit, comme le sont tous ceux qui travaillent pour le compte des administrations, s'empressa de soulever, en ce qui le concernait l'exception d'incompétence : une réparation à une chaussée publique est un travail public ; son auteur ne peut donc être poursuivi que devant le tribunal administratif; il demanda donc au tribunal de Commerce de ne pas connaître de l'appel en garantie qui lui avait été signifié.

Ce tribunal crut devoir diviser la question. « En ce qui concerne l'appel en garantie formé contre l'entrepreneur par la Compagnie des tramways, dit-il, je ne suis pas compétent : car je n'ai pas le droit de m'aventurer dans une question qui touche à la confection vicieuse d'un pavage, qui est un travail public. Si donc la Compagnie des tramways croit devoir demander à Raguieu le remboursement de la somme qu'elle aura à payer à Guiau, qu'elle l'assigne au Conseil de préfecture ; mais pour moi, je me reconnais surement compétent pour juger le différend entre le propriétaire du camion détérioré et la Compagnie des tramways : il y a eu un accident causé à un commerçant par une Compagnie également commerçante : celle-ci a la charge de surveiller la voie qui lui est concédée ; j'ai donc à juger les conséquences d'une négligence dans une exploitation, et je le fais tous les jours... ». D'où condamnation de la Compagnie à 207 fr d'indemnité.

Comme les jugements sur la compétence sont toujours susceptibles d'appel, la Cour fut saisie par la Compagnie générale française des tramways, et pendant que l'instance se déroulait devant la Cour d'Aix, le préfet des Bouches-du-Rhône présenta un déclinatoire tendant à ce que la Cour se déclarât également incompétente, même entre la Compagnie des tramways et le propriétaire du camion : il alléguait comme motif que l'accident était dû au réseau qui, même en mauvais état, n'en reste pas moins un travail public, ce qui attribue compétence au Conseil de préfecture.

La thèse du préfet fut rejetée par la Cour d'appel d'Aix, sur les conclusions du ministère public, qui paraît avoir étudié la question avec l'idée d'y apporter plus de simplicité que de science juridique : l'arrêt décida que la Compagnie était poursuivie à cause d'une négligence dans son exploitation, c'est-à-dire *d'un défaut de surveillance et d'une inobservation de règlement général qui met cette surveillance à sa charge.*

En réalité, cet arrêt résolvait une question qui ne lui était pas posée, parce qu'elle n'était ni discutée ni discutable : si une Compagnie laisse le rail dans un état incompatible avec une exploitation normale — car ses rails ne doivent pas être confondus avec une entreprise de montagnes russes — elle commet une négligence, et si

Digitized by Google

cette négligence est génératrice d'un accident, elle doit réparation ; mais le point qui était en litige était le suivant : le défaut d'entretien d'un réseau ne doit-il pas être distingué, par exemple, d'un défaut de surveillance du personnel, ou même de l'entretien d'une voiture ? La qualité de « travail public » que possède le réseau, puisqu'il s'incorpore à la chaussée et doit toujours être la propriété de la commune, ne fait-il pas obstacle à ce que ses défectuosités et leurs conséquences soient appréciées par le tribunal de droit commun ?

La question fut portée devant le Tribunal des conflits qui, souverainement, la jugea dans un sens absolument différent de celui du premier juge, le 13 janvier 1917, sur le rapport de M. André Boulloche, et les conclusions de M. Corneille (décision rapportée dans la « Gazette des Tribunaux », du 19 février 1917.

Considérant que la demande avait pour objet de faire condamner la Compagnie générale française de Tramways à réparer le préjudice résultant d'un accident survenu à un camion appartenant au sieur Guiau, par suite d'un heurt de ce camion contre un rail faisant saillie sur le sol de la voie publique.

Considérant que cette demande était fondée sur ce que le dommage aurait eu pour cause le mauvais état de la voie ferrée ;

Considérant qu'il s'agissait d'apprécier les conséquences dommageables non d'un fait d'exploitation, mais du défaut d'entretien d'un ouvrage public ; que cette question est de celles dont il appartient au conseil de préfecture de connaître par application de la loi du 28 pluviose an VIII ; qu'il suit de là que c'est avec raison que le préfet a revendiqué pour l'autorité administrative la connaissance du litige ;

Décide :

Article premier. — Le conflit élevé par le préfet des Bouches-du-Rhône le 30 septembre 1915 est confirmé ;

Art. 2. — Sont considérés comme non avenus : l'exploit introductif d'instance du 30 octobre 1912, le jugement du tribunal de commerce de Marseille du 14 mai 1913 ; l'arrêt de la Cour d'appel d'Aix du 2 juin 1915 ;

II. — Et cette sentence n'est que l'application d'une jurisprudence aujourd'hui constante, dont nous allons résumer ci-dessous quelques décisions.

Le 6 mars 1902, un ouvrier auxiliaire de l'administration des Postes et Télégraphes était occupé à poser un fil téléphonique sur des potelets en façade de la rue Carnot à Poitiers. Bien qu'un homme fût employé à maintenir, à l'aide d'une corde, le fil téléphonique à l'écart du câble d'énergie électrique appartenant à la Compagnie des tramways et placé au milieu de la chaussée, un contact se produisit entre ce fil téléphonique et un fil tendeur du trolley : or il est certain que le fil tendeur n'était pas suffisamment isolé, puisque ce contact influença immédiatement le fil téléphonique qui brûla gravement l'ouvrier au cou et aux mains. C'était certes bien une négligence de la Compagnie des tramways puisque, par l'article 3 de l'arrêté d'autorisation de circulation de courant, cette Compagnie est tenue de maintenir en parfait état d'isolement les fils tendeurs du trolley : cette absence de précaution fut révélée immédiatement par l'expérience classique : on mit le fil tendeur en contact avec un groupe de lampes qui s'allumèrent.

L'ouvrier, considéré comme un *accidenté du travail*, obtint du tribunal de Poitiers la condamnation de l'Administration des Postes et Télégraphes à une rente de 438 fr à raison de l'incapacité partielle permanente qui résultait pour lui de ses brûlures. Mais, l'État considérant à très juste titre qu'il pouvait, après avoir désintéressé son ouvrier, demander à la Compagnie de prendre une part dans la rente précitée, attaqua cette Compagnie par devant le Conseil de préfecture. Immédiatement la Compagnie soulevait la question de compétence, en disant qu'une question relative à un accident du travail ne saurait aller devant la juridiction administrative. Mais sur les conclusions très fortement motivées de M. le Commissaire du gouvernement Teissier, le conseil a déclaré que, même pour les accidents du travail, tout procès mettant en œuvre une réclamation basée sur l'exécution d'un travail public, le Conseil de préfecture avait bien fait de se déclarer incompétent (arrêt du Conseil d'État du 22 mai 1908, Compagnie des tramways électriques de Poitiers contre l'État. Dalloz 1910, 3, p. 9). M. le Commissaire du gouvernement avait notamment conclu en ces termes : « L'accident dont Nith a été victime a-t-il été causé par une faute d'exploitation de la Compagnie? Dans ce cas, l'action devrait être portée devant l'autorité judiciaire. A-t-elle été causée par l'entretien défectueux d'un travail public : dans ce cas l'action devrait être portée, par application de l'article 4 de la loi du 28 pluviôse, an VIII devant le juge des dommages causés par des travaux publics. »

On peut encore citer, dans le même sens, un arrêt du Conseil de préfecture du 23 juillet 1913, rapporté dans la « Revue des Concessions », t. 8, p. 414, qui mettait aux prises l'État et la Compagnie des tramways de Saint-Etienne, à raison d'un accident survenu à une dame Collard. La victime avait été brûlée par le contact d'un fil téléphonique qui, tombé à terre, n'en était pas moins réuni aux fils de deux Compagnies: une Société de distribution, simple permissionnaire et une Compagnie de tramways électriques. La première ne pouvait être justiciable du tribunal administratif, car il a été maintes fois jugé que la simple autorisation de placer des fils sur ou dans une voie publique ne saurait transformer l'ouvrage en un ouvrage public; mais il a été décidé par le Conseil que la Compagnie des tramways devait être considérée comme responsable pour partie de l'accident, à raison de l'isolement insuffisant de ses conducteurs et que l'État serait responsable de l'autre partie pour avoir employé à son téléphone un fil d'une résistance insuffisante. Le Conseil d'État a affirmé sa compétence à l'encontre de la Compagnie et de l'État, auteurs tous les deux de travaux publics, et responsables du défaut d'entretien ou d'une installation défectueuse.

Enfin, comme malheureusement les accidents de cette nature sont beaucoup trop fréquents, on peut encore citer un arrêt du Conseil d'État du 7 avril 1905, Dalloz,

Digitized by Google

1907, 3, p. 14, dans lequel cette haute assemblée a admis, pour la chute d'un fil téléphonique sur un trolley, que l'État était responsable, du moment qu'il ne prouvait point que la première eût négligé d'observer les articles 5 et 9 de l'arrêté ministériel du 29 janvier 1900 lui prescrivant de placer des dispositifs de garde efficaces pour éviter tout contact accidentel des fils téléphoniques.

Il nous appartient maintenant de fortifier la portée du principe par un exemple pris dans le sens contraire à celui qui est donné par les précédents.

La compétence administrative ne s'étend point à un accident causé à un particulier par la construction fâcheuse d'une voiture appartenant à une Compagnie de tramways, ni même à l'absence de propreté de la voie. Un sieur Caillol, à Marseille, avait été blessé par l'effet d'une décharge électrique, occasionnée par une petite quantité de terre se trouvant entre les rails et les roues. C'est sur ce fait que le sieur Caillol s'appuyait pour demander réparation devant le tribunal administratif; mais le conseil de préfecture s'étant déclaré incompétent, aussi bien d'ailleurs que le tribunal civil, le tribunal des Conflits fut appelé à trancher ce conflit négatif d'attribution : il prononça souverainement : la demande tendait à faire reconnaître que le dommage avait pour cause, soit un défaut de nettoyage superficiel des rails, qui a fait obstacle au fonctionnement régulier du matériel roulant de la Compagnie, soit une disposition défectueuse de la voiture par suite de laquelle l'interruption n'a pu être ni prévenue ni rendue sans danger : que ces faits ne se rattachent pas à l'exécution ou à l'entretien d'un travail public, mais constitueraient une « faute dans l'exploitation » et le tribunal des Conflits a attribué compétence au tribunal civil.

Et tout ceci est parfaitement juridique.

D'une part, l'exploitant, qui détient une partie d'un travail public, est tenu de l'entretenir en bon état, ne laissant pas subsister de saillie, et s'il cause un accident par celle qu'il a laissée se créer, il doit être déféré de ce chef aux tribunaux administratifs : d'autre part, un encombrement momentané de la voie qui ne change pas l'état de cet ouvrage public, et un vice dans la construction d'une voiture qui n'a jamais été un ouvrage public, ne constituent que des négligences ordinaires dans une exploitation de transport, et par conséquent amène le délinquant devant le tribunal de droit commun.

Paul Bougault,
Avocat à la Cour d'Appel.

Législation, jurisprudence, réglementation

La circulaire concernant la répartition du charbon.

Le « Journal officiel » du 30 avril 1917 publie p. 3 453 une circulaire adressée aux préfets par M. Viollette, ministre du Ravitaillement général et des Transports maritimes et concernant la répartition du charbon. Nous analyserons brièvement le contenu de cette circulaire.

Les ressources en charbon ont été, pour l'année 1916, de 3 300 000 t par mois et les besoins qui étaient de 5 000 000 t par mois avant la guerre n'ont pas diminué malgré l'occupation par l'ennemi d'une riche région industrielle, à cause de l'extension des industries de guerre. Il y a donc lieu de parer au danger et de serrer la consommation. Il faudra, tout d'abord, déterminer les besoins de chaque commune d'une façon équitable. Ces besoins se classeront : 1° besoins des usines à gaz et des secteurs électriques, car il importe que ces usines, qui assurent la répartition la plus économique de la source de chaleur et de lumière, puissent reprendre leur service normal l'hiver prochain; 2° besoins municipaux; 3° besoins domestiques pour la cuisine; 4° besoins domestiques pour le chauffage; 5° besoins industriels et commerciaux; 6° charbons spéciaux.

La circulaire demande aux préfets d'établir une carte de charbon locale en tenant compte des besoins et des approvisionnements de chaque consommateur et recommande la création de gros approvisionnements de secours pour parer aux crises de transport toujours possibles; elle ordonne l'organisation de commissions de contrôle et demande de faire appel au concours du commerce pour aider à la répartition du charbon. La circulaire se termine en priant les préfets de signaler d'urgence toutes les ressources en bois ou tourbières que pourrait posséder leur département.

Arrêté nommant des membres de la conférence de la main-d'œuvre.

Le « Journal officiel » du 20 avril 1917 publie p. 3 135, l'arrêté qui suit, pris le 11 avril 1917 par le ministre du Travail et de la Prévoyance sociale :

Par un arrêté du ministre du Travail et de la Prévoyance sociale du 11 avril 1917 ont été nommés membres de la conférence interministérielle de la main-d'œuvre :

M. Bluzet, inspecteur général des services administratifs, chef du service de reconstitution des régions envahies au ministère de l'Intérieur, délégué du ministère de l'Intérieur.

M. le contrôleur général Boone, délégué du ministre de la Guerre.

M. Grunebaum-Ballin, président du conseil de préfecture de la Seine, président de la commission de placement des marins et de la main-d'œuvre coloniale et étrangère, délégué du sous-secrétaire d'État de la marine marchande.

M. le commandant Huot, délégué du ministre des Colonies.

M. le général Jacquillat, chef du service de l'inspection générale des prisonniers de guerre.

M. Jouasset, inspecteur des finances, délégué du ministre des Finances.

M. Mahieu, directeur, chargé des services des routes, de l'automobile, des usines hydrauliques et des distributions d'énergie électrique, délégué du ministre des Travaux publics et des Transports.

Arrêté autorisant l'importation de marchandises.

Le « Journal officiel » du 15 avril 1917 publie p. 2 965 un arrêté en date du 13 avril 1917, du ministre du Commerce et de l'Industrie, des Postes et Télégraphes et du ministre des Finances autorisant l'importation de différentes marchandises.

Ces marchandises sont énumérées dans trois listes jointes au décret; la liste 3, la plus importante pour les électriciens, fait l'objet d'un arrêté spécial pris par les ministres du

Digitized by Google

Commerce et de l'Industrie, des Postes et Télégraphes, de l'Armement et des Fabrications de guerre et le ministre des Finances, le 14 avril 1917, publié par le « Journal officiel » du 15 avril 1917, p. 2 972. Cet arrêté prescrit que tout commerçant, tout industriel désirant importer un des objets désignés dans la liste 3 pour le compte d'un service public doit faire une demande audit service, si la marchandise à importer est destinée à être entreposée ou livrée au public; la demande doit être adressée au ministre du Commerce.

Le « Journal officiel » publie p. 2 972 un décret des trois mêmes ministres, pris également le 14 avril 1917 et investissant, pour les marchandises comprises dans la liste 3 de l'arrêté du 13 avril 1917, la Commission interministérielle des bois et métaux, des droits conférés par l'article 3 du 22 mars 1917, au comité des dérogations aux prohibitions d'entrée.

Décret relatif aux attributions du sous-secrétaire d'Etat des Inventions.

Le « Journal officiel » du 21 avril 1917 publie p. 3 163 le décret présidentiel suivant, pris en date du 14 avril 1917.

ARTICLE PREMIER. — Les articles 2, 3 et 4 du décret du 9 janvier 1917, relatif aux services du ministère de l'Armement et des Fabrications de guerre et aux attributions des sous-secrétaires d'Etat des inventions et des fabrications de guerre, sont modifiés ainsi qu'il suit :

« *Art. 2.* — Le sous-secrétaire d'Etat au ministère de l'Armement et des Fabrications de guerre spécialement chargé du service des inventions intéressant la défense nationale prend le titre de sous-secrétaire d'Etat des inventions, des études et des expériences techniques ».

« Il est chargé de rechercher pour le ministre tous moyens de perfectionner et de compléter l'armement et notamment :

» 1° D'examiner les propositions des inventeurs et de poursuivre l'étude de celles qui paraissent susceptibles d'application pratique immédiate;

» 2° D'entreprendre les recherches scientifiques d'ordre général, les études particulières et les expériences techniques correspondant aux besoins du ministère de l'Armement;

» 3° D'entreprendre les recherches scientifiques d'ordre général qui seront demandées au ministère de l'Armement et des Fabrications de guerre par les ministères de la Guerre et de la Marine.

» *Art 3.* — A cet effet, le sous-secrétaire d'Etat des inventions, des études et des expériences techniques a sous son autorité directe les services d'études du ministère de l'Armement ci-après désignés :

» Inspection des études et des expériences techniques de l'artillerie.

» Inspection des études et des expériences techniques des armes portatives.

» Inspection des études et des expériences techniques sur les poudres et les explosifs.

» Section technique automobile.

» A chacun de ces services d'études sont rattachés les services correspondants qui existaient précédemment au sous-secrétariat d'Etat des inventions.

» *Art. 4.* — Le sous-secrétariat d'Etat des inventions, des études et des expériences techniques sera constitué comme suit :

1° Commission supérieure des inventions instituée par décret du 11 août 1916;

2° Service des inventions, des études et des expériences techniques de l'artillerie;

3° Service des inventions, des études et des expériences techniques des armes portatives;

4° Service des inventions, des études et des expériences techniques des poudres et explosifs;

5° Service des inventions, des études et des expériences techniques de l'automobile;

6° Service des inventions, des études et des expériences scientifiques (aéro-dynamique, mathématiques, physique et chimie, mécanique, biologie). A ce service sont rattachées les sections de liaison avec les services techniques des ministères de la Guerre (génie, intendance, santé militaire et aéronautique) et de la Marine.

» Le sous-secrétaire d'Etat des inventions, des études et des expériences techniques correspond directement avec le général commandant en chef pour tout ce qui concerne les recherches, études et expériences à faire sur le front; il envoie copie de cette correspondance au ministre de l'Armement. Il a qualité pour envoyer en mission dans la zone des armées, après entente avec le général commandant en chef, des représentants de son cabinet technique ou des services ci-dessus énumérés.

Le sous-secrétaire des inventions, des études et des expériences techniques transmet au ministre de l'Armement pour décision les propositions résultant des travaux de ces services et tendant à l'adoption de matériels nouveaux ou à la modification de matériels existants.

» Le sous-secrétaire d'Etat des inventions, des études et des expériences techniques adresse au ministre copie de toutes les décisions d'ordre général prises dans ses services. Il lui fournit mensuellement l'état d'avancement des études et travaux de ses services. »

ART. 2. — Le ministre de l'Armement et des Fabrications de guerre est chargé de l'exécution du présent décret.

Décret relatif au service du contrôle des installations électriques industrielles.

Le « Journal officiel » du 28 avril 1917 publie p. 3 394 le décret suivant pris en date du 29 mars 1917 par le président de la République.

ARTICLE PREMIER. — Le service du contrôle des installations électriques industrielles est rattaché au service général.

Les études scientifiques et techniques assurées par le service du contrôle des installations électriques industrielles sont transférées au service d'études et de recherches techniques institué par le décret du 4 juillet 1916.

ART. 2. — Les quatre ingénieurs en chef de 2e classe actuellement placés à la tête des circonscriptions du service du contrôle des installations électriques industrielles seront affectés, en qualité d'inspecteurs adjoints, au service de l'inspection générale des postes et des télégraphes réorganisé par le décret du 2 septembre 1916.

ART. 3. — Les conditions nouvelles de contrôle des installations électriques industrielles, ainsi que les affectations et attributions des ingénieurs ordinaires, agents, sous-agents et ouvriers de l'ancien service du contrôle, seront déterminées par arrêté ministériel.

ART. 4. — Toutes dispositions antérieures contraires à celles qui précèdent sont et demeurent abrogées.

ART. 5. — Le ministre du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes est chargé de l'exécution du présent décret, qui sera mis en vigueur à partir du 16 avril 1917.

Déclaration obligatoire des matières en cuivre.

Le « Journal officiel » du 21 avril 1917 publie, dans les documents parlementaires de la Chambre, le rapport fait au nom de la Commission de l'armée chargée d'examiner le projet de loi relatif à la déclaration obligatoire des matières de cuivre de toute nature, par M. Amédée Couesnon député.

Malgré les dispositions énergiques prises sur le front pour récupérer les douilles d'obus et de cartouches et les fils téléphoniques, nous faisons une consommation considérable d'objets en laiton et en cuivre rouge. Ce cuivre rouge devant être importé de l'étranger, il faut le payer en or, d'où une dépréciation de notre change. Il y aurait donc intérêt à diminuer le plus possible nos importations et utiliser le stock de cuivre que nous possédons. Pour cela la Commission de l'armée propose à la Chambre de voter un projet de loi rendant obligatoire la déclaration des matières en cuivre rouge de toute nature. La déclaration ne s'appliquerait pas : au cuivre rouge existant dans les établissements de l'État ; aux objets en cuivre rouge finis, étamés ou mélangés employés effectivement dans l'industrie ou aux canalisations électriques ; aux objets ménagers et d'ameublement ; aux objets d'art ; aux stocks inférieurs à 50 kg.

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

1re Année. — Tome I. — N° 20. — 19 Mai 1917.

Chronique. — La Foire de Paris. — La « houille blanche » dans les Alpes. — L'outillage américain pour la fabrication en série. — Nécrologie : Joseph Riban, p. 761 et 762.

Section scientifique et technique. — Le problème pratique de l'influence des lignes à haute tension sur les lignes téléphoniques, par P. L., p. 763. — Revues, analyses et informations : Essais sur les interrupteurs à huile, p. 767; Régulateur pour turbine hydraulique, p. 771.

Section industrielle. — La Houille blanche dans les Pyrénées, par H. Giran, p. 773. — Les contrats de vente d'énergie et les compteurs à haute tension, par P.-F. Dufour, p. 784 — Revues, analyses et informations : Economies réalisées dans la ville Des-Moines (Iowa) par l'emploi de sous-stations de traction automatiques, p. 788; Ligne de transmission pour petites agglomérations, p. 790; La manutention économique de matériel de voie ferrée sur les les lignes de tramways, p. 791.

Section économique et financière. — Assemblées générales : Fusion des gaz, p. 793; Electricité et gaz du Nord, p. 793; Compagnie des omnibus et tramways de Lyon, p. 794.

Section de législation. — Sur la législation et la jurisprudence relatives aux brevets aux Etats-Unis, p. 795. — Législation, jurisprudence, réglementation : Décret déclarant d'utilité publique l'établissement d'une usine électrique, p. 800; Décret concernant la réorganisation des cadres de l'inspection générale des postes et des télégraphes et création de l'emploi d'inspecteur adjoint à l'inspection générale, p. 800.

La Foire de Paris. — Lundi dernier a eu lieu l'inauguration de la Foire de Paris. Cette manifestation économique française, patronnée par les pouvoirs officiels, ayant obtenu le concours de 36 Chambres de commerce et de 140 Syndicats, réunit sur l'esplanade des Invalides, dans un cadre bien digne de la Ville-Lumière, plus de 1 500 exposants exclusivement français.

A la suite de la visite du Président de la République à travers les divers stands, la cérémonie inaugurale officielle s'est déroulée à l'Hôtel de Ville de Paris. Successivement le ministre du Commerce, le président du Conseil général, le président du Conseil municipal, le préfet de la Seine, le préfet de police, le président de la Chambre de commerce de Paris ont félicité les organisateurs de cette importante exposition industrielle, constaté le brillant succès dû aux efforts communs, et signalé l'activité toujours féconde du commerce et de l'industrie françaises.

Retenons seulement, de ces discours, les paroles du président du Conseil municipal de Paris « l'avenir est à nous si nous savons prendre pour règle de notre économie politique, non pas la devise inique et meurtrière d'un internationalisme fondé sur la lutte des classes et la négation des patries, mais cette formule de salut : Industriels et commerçants, patrons et ouvriers, producteurs et consommateurs de France, unissons-nous. »

Nous donnerons, dans notre prochain numéro, un compte rendu détaillé des exposants des sections : électricité, mécanique et métallurgie.

La « houille blanche » dans les Alpes. — Dans le numéro du 10 mars, nous signalions, p. 363, que la Chambre de Commerce de Grenoble avait organisé une série de conférences sur la « houille blanche ». Nous venons de lire le texte de l'une d'elles, celle de M. P. Ducrest, ingénieur hydraulicien, sur *La houille blanche dans les Alpes; son rôle au double point de vue de la production et de la distribution de l'énergie électrique*, qui sera prochainement publié in-extenso dans le « Bulletin de la Chambre syndicale des Forces hydrauliques » sous le n° 203.

Dans cette conférence, fort intéressante pour tous ceux qui s'occupent du développement de l'utilisation de nos richesses hydrauliques, l'auteur commence par rappeler les origines de cette utilisation. Il en rapporte l'honneur à Matussière, industriel de la région de Saint-Etienne, qui, vers 1866, créa, dans les gorges de Domène, une chute de 30 m dont la force motrice fut utilisée à la fabrication de la pâte de bois. A son instigation, une chute de 160 m fut bientôt créée à Brignoud pour desservir une nouvelle fabrique. C'est à cette époque qu'Aristide Bergès vint pour la première fois à Domène, appelé par Matussière pour y installer des défibreurs de son invention. Bergès vit immédiatement tout le parti que l'on pourrait tirer des chutes d'eau de la région et, dès 1869, il entreprenait et achevait la création d'une nouvelle chute de 300 m à Lancey. Il était dès lors démontré que, malgré les sérieuses difficultés rencontrées, l'utilisation de hautes chutes était techniquement

Digitized by Google

possible, et de nouvelles installations furent successivement réalisées.

Dans toutes ces installations, la force motrice était directement employée à la production de la pâte de bois. Il faut arriver aux essais de transmission de l'énergie par l'électricité, faits en 1883, par Marcel Deprez, entre Vizille et Grenoble, pour trouver une nouvelle utilisation de la force motrice des chutes d'eau : la production de l'électricité. C'est à partir de ce moment que la mise en œuvre des richesses hydrauliques du Dauphiné et de la Savoie marche à pas de géant. La seconde partie de la conférence est consacrée aux diverses étapes de cette « marche triomphale ». Parmi ces étapes, le conférencier signale : en 1900, la fondation de l'Institut électrotechnique de la Faculté de Grenoble ; en 1901, la création du Syndicat des Forces hydrauliques ; en 1902, la réunion du premier Congrès de la Houille blanche, etc.

Les deux parties suivantes de la conférence sont consacrées à la description sommaire des moyens employés pour la captation de l'énergie hydraulique et sa transformation en énergie électrique ; ces moyens sont bien connus de nos lecteurs et, pour cette raison, nous ne saurions nous y attarder.

La même raison nous incite à signaler la cinquième partie où le conférencier fait l'évaluation de la puissance hydraulique disponible dans les Alpes, évaluation qui a déjà été l'objet de nombreux travaux entrepris sous la direction de M. R. de la Brosse et qui a été rappelée dans l'étude de cet ingénieur « La houille blanche dans les Alpes françaises en 1916 » que la « Revue générale de l'Électricité » a publiée dans son numéro du 10 février. Citons toutefois quelques chiffres : en 1890, la puissance hydraulique captée était de 30 000 à 40 000 ch ; en 1899, une statistique portant sur les usines de plus de 500 ch, conduit à admettre une utilisation de 115 000 ch ; en 1902, au moment du Congrès de la houille blanche, la puissance aménagée est évaluée à 200 000 ch ; en 1910, M. Pinot l'estime à 400 000 ch ; en 1914, à la veille de la guerre, elle devrait atteindre 850 000 ch ; actuellement, on ne doit pas être loin du premier million de chevaux. Parmi les installations nouvelles M. Ducrest signale tout particulièrement celles des Sept-Laux, sur le Haut-Bréda, d'abord parce que sera réalisée ainsi une chute régulatrice importante qui, sans la guerre, aurait risqué de rester improductive encore pendant longtemps, ensuite et surtout parce que cette réalisation est le résultat d'une entente entre industriels qui est susceptible d'applications fécondes pour le développement de nos richesses hydrauliques.

Que réserve l'avenir à ces installations, tant anciennes que nouvelles ? A cette question le conférencier répond avec optimisme. Aujourd'hui que nous pouvons transmettre à distance l'énergie électrique, nous n'aurons jamais trop de cette énergie pour le fonctionnement de nos usines de fabrication. D'autre part, et sans compter les industries électrochimiques qui peut-être trouveront des concurrentes mieux partagées en Norvège et en Suède, on peut tabler aujourd'hui sur une utilisation d'une importante fraction de cette énergie par les chemins de fer. « On nous disait autrefois, fait remarquer M. Ducrest, que l'électrification de nos lignes des Alpes constituerait un point faible lors d'une mobilisation et que seule la houille noire, accumulée en stocks inépuisables, pourrait assurer le trafic intense des temps de guerre. L'expérience cruelle que nous faisons tous les jours de la faiblesse de cet argument aura l'heureuse conséquence de nous rapprocher du moment où nos lignes ferrées puiseront dans les torrents des vallées qu'elles desservent l'énergie nécessaire à leur trafic. » On ne saurait donc craindre de créer trop de nouvelles usines hydro-électriques.

L'outillage américain pour la fabrication en série [1]. — Ce livre présente un intérêt particulier pour tous les industriels constructeurs ; il donne d'une façon claire et précise les moyens à employer pour faire vite et bien, produire en grande quantité avec une haute précision, le rendement maximum, et une grande économie de temps et par suite d'argent. C'est le manuel indispensable pour les ingénieurs, les chefs d'atelier et les ouvriers qui, après la guerre, auront à produire en grande quantité avec un personnel malheureusement restreint par les lourdes pertes que nous aurons subies.

L'auteur étudie dans cet ouvrage, les machines-outils, la fabrication des outils, l'organisation des ateliers d'outillage, les procédés et principes pratiques pour l'étude et la construction des montages, les types divers des montages pour tous les travaux à exécuter dans un atelier, la fabrication et l'emploi des outils, l'emploi à l'atelier des calibres micrométriques et des calibres de profondeur, les outils spéciaux et leur emploi, l'estampage, les procédés et méthodes pour le travail de l'aluminium, et donne de précieux renseignements pour les outilleurs et fabricants de matrices. Il termine en donnant quelques considérations sur l'importance des montages et machines-outils modernes.

Les ingénieurs et industriels trouveront donc dans ce livre, décrit avec beaucoup de détails, tous les procédés et machines employés aux Etats-Unis d'Amérique et qui ont donné à la grande République alliée la suprématie industrielle sur le monde. Ils puiseront dans ce livre les moyens nécessaires pour permettre à l'industrie française d'atteindre et même dépasser l'énorme développement industriel pris par l'Allemagne, avant la guerre, et acquérir à la France la grandeur industrielle après la grandeur militaire.

Nécrologie : Joseph Riban. — Nous apprenons la mort, à l'âge de soixante-dix-neuf ans, de Joseph Riban, chevalier de la Légion d'honneur, professeur honoraire à la Faculté des sciences de Paris et à l'École nationale des sciences de Paris.

Durant les années qu'il a passées dans l'enseignement, Riban s'est surtout consacré à l'analyse chimique à laquelle il sut intéresser de nombreux élèves. Préoccupé d'apporter à cette branche de la chimie les perfectionnements résultant des progrès des autres sciences, il est l'auteur de divers procédés d'analyse chimique par électrolyse et, en 1899, il publia un « Traité d'analyse chimique quantitative par électrolyse ».

[1] Joseph W. Woodworth. Un volume 17 × 25, 458 p. 601 fig., Dunod et Pinat, éditeurs. Prix : 22 fr.

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

Le problème pratique de l'influence des lignes à haute tension sur les lignes téléphoniques

Dans cet article se trouvent indiquées, d'après une communication de MM. Griswold et Mastick à l'American Institute of Electrical Engineers, les dispositions permettant de supprimer ou tout au moins d'amoindrir les troubles causés dans les lignes télégraphiques ou téléphoniques par les lignes de transmission d'énergie. On verra que, dans le cas des lignes de transmission isolées avec transformateurs montés en triangle, des moyens simples permettent de solutionner le problème posé, mais que, dans le cas de lignes à montage en étoile avec point neutre à la terre, les divers moyens dont on dispose ne donnent pas de solution complètement satisfaisante. On trouvera à la fin de l'article un exemple d'application pratique de ces moyens.

Cette question a déjà été longuement traitée au point de vue technique, mais on a fort peu parlé de l'application pratique des solutions trouvées par la théorie et l'expérience. Nous passerons ici en revue les principaux aspects de l'influence inductive des lignes à haute tension sur les lignes téléphoniques et nous montrerons, par des exemples concrets, que les mesures destinées à parer à cette influence sont simples et pratiques, contrairement à ce qu'on croit souvent. Les renseignements qui suivent nous sont fournis par un mémoire récemment paru (1).

On admettra que les lignes d'énergie sont triphasées à trois fils et que les circuits téléphoniques, matériels ou fantômes, sont métalliques (c'est-à-dire sans retour par la terre).

Les tensions, dues à l'induction électrique ou à l'induction magnétique, induites dans le circuit téléphonique, peuvent se produire :

1° Entre les deux côtés du circuit; c'est ce qu'on appellera ici l'effet transversal ;

2° Entre les deux côtés du circuit et la terre, ou le long du circuit; c'est ce qu'on appellera ici l'effet longitudinal.

Les tensions transversales induites font naître des courants dans les appareils terminaux. Les tensions longitudinales, outre qu'elles peuvent élever d'une façon dangereuse la différence de potentiel entre le circuit téléphonique et la terre, engendrent des courants dans ce circuit en raison de l'inégalité des impédances en série et des admittances par rapport au sol des deux côtés de la ligne.

Une ligne d'énergie ou téléphonique parfaitement équilibrée peut être ainsi définie : c'est une ligne où les impédances en série des diverses phases et les admittances entre les diverses phases et le sol sont exactement les mêmes en chaque point.

Si l'on pouvait établir une ligne téléphonique parfaitement équilibrée, il ne pourrait pas y avoir, théoriquement, de tension transversale induite, si grande que soit la tension longitudinale induite, pourvu qu'on y ait établi un nombre suffisant de transpositions régulièrement espacées, de façon à égaliser les tensions induites dans chaque côté de la ligne.

Réciproquement, s'il était possible d'établir une ligne d'énergie parfaitement équilibrée, il ne pourrait pas y avoir de tension induite dans une ligne téléphonique parallèle, pourvu qu'il y ait dans la première un nombre suffisamment grand de transpositions équidistantes, de façon que la ligne téléphonique soit influencée également par chaque phase de la ligne d'énergie.

En pratique, on ne peut équilibrer parfaitement ni les lignes d'énergie, ni les lignes téléphoniques, et il faut donc, pour éviter l'induction sur ces dernières, équilibrer à la fois les lignes de transmission et les lignes téléphoniques aussi bien que possible, et faire dans les deux lignes des transpositions en rapport avec l'influence qui s'exerce entre elles.

Il est commode de considérer dans les lignes d'énergie les tensions et courants qui produisent l'induction comme formés de deux composantes (1) :

1° Les tensions et courants équilibrés ;

2° Les tensions et courants résiduels.

Les composantes équilibrées sont trois tensions ou courants égaux en grandeur, déphasés de 120° l'un par rapport à l'autre et dont la somme vectorielle est par suite zéro.

Les charges monophasées reliées entre fils donnent lieu à des courants et des tensions dont les effets sont très semblables à ceux des tensions et des courants triphasés équilibrés et sont considérés de même.

(1) Griswold et Mastick. Communication présentée à l'American Institute of Electrical Engineers, le 9 septembre 1916. *Proceedings of the A. I. E. E.*, t. XXXV, septembre 1916, p. 1339-1375.

(1) Voir *La Revue électrique*, 15 mai 1914, t. XXI, p. 493.

Digitized by Google

Les composantes résiduelles sont trois tensions ou courants égaux en grandeur, de même phase, et dont la somme vectorielle est, par suite, différente de zéro.

Les tensions et courants équilibrés sont ceux qui jouent le rôle utile dans la ligne d'énergie. Les tensions et courants résiduels ne sont heureusement pas nécessaires au fonctionnement de celle-ci.

Les tensions et courants équilibrés sont communs aux deux grands types de réseaux de transmission (mis au sol ou isolés) et les mesures destinées à diminuer leurs effets inductifs sont identiques. Il n'en est pas ainsi pour les tensions et courants résiduels ; ceux-ci naissent de causes différentes dans les deux types de réseaux et y présentent des caractéristiques différentes aussi. Les remèdes à leur appliquer sont aussi distincts.

Il y a donc une double solution à appliquer au problème de l'influence inductive :

1° Amoindrir l'induction due aux courants et tensions équilibrés, par l'emploi de remèdes qui sont les mêmes pour les réseaux isolés et les réseaux mis au sol ;

2° Amoindrir les tensions et courants résiduels, ce qui exige des mesures particulières au type de réseau envisagé.

Dans les différents types de réseaux, les tensions et courants résiduels peuvent naître d'une ou plusieurs causes dont l'action est unique ou simultanée.

Dans les réseaux mis au sol, les principales sources de tensions et de courants résiduels sont :

1° Les charges déséquilibrées entre les trois phases et le neutre, qui produisent une circulation de courants déséquilibrés entre le neutre et la terre ;

2° Le troisième harmonique et ses multiples impairs, dus à la variation de perméabilité du fer, qui apparaissent en phase identique dans les trois branches des batteries de transformateurs et donnent lieu ainsi à une composante résiduelle de tension et de courant dans les lignes reliées à ces transformateurs.

Dans les réseaux isolés du sol, la principale source des tensions et courants résiduels est :

Le déséquilibre de la capacitance et de la conductance entre les différentes phases et le sol. Le facteur conductance est généralement d'importance secondaire dans les réseaux bien construits et bien entretenus.

Dans l'établissement et l'exploitation des réseaux de transmission, on tend actuellement à des pratiques qui empêchent la formation de grands résiduels. De plus, dans l'avenir, les parallélismes des lignes d'énergie et des lignes téléphoniques seront certainement courts, les Compagnies de distribution et les Compagnies téléphoniques cherchant de plus en plus à s'assurer des voies privées.

L'effet inductif par volt de tension ou par ampère ou de courant résiduel est bien plus élevé que celui de valeurs égales de tension ou de courant équilibré. Aussi, dans les cas de longs parallélismes, l'amoindrissement des résiduels est de grande importance. L'effet longitudinal devient en effet alors très accentué ; il porte la ligne téléphonique dans son ensemble à un potentiel supérieur à celui du sol, ce qui donne lieu à un effet transversal en raison des déséquilibres inévitables dans les lignes industrielles.

Les formes d'onde ont une grande part dans les effets inductifs. Les harmoniques supérieurs se rencontrent à la fois dans les tensions et les courants, et leur aptitude à causer des troubles croît très rapidement jusqu'à 800 p : sec environ. En pratique, tous les bruits parasites causés par l'induction venant des lignes d'énergie, dans les lignes téléphoniques, sont dus aux harmoniques supérieurs de la tension et du courant. Les bruits induits par la fréquence fondamentale sont à peine perceptibles à l'oreille humaine.

Un autre côté important du problème est la question des cas anormaux, accidentels ou non, qui peuvent se présenter dans le réseau de transmission. Un cas anormal dans un réseau, qu'il s'agisse d'une terre accidentelle, d'un court-circuit, d'une rupture de ligne ou d'une manœuvre d'interrupteurs, accroît de beaucoup la tension ou le courant résiduels dans le réseau, soit momentanément, soit pour une longue période.

Par exemple, dans un réseau isolé, une terre sur une phase produit une forte tension résiduelle sur toute la longueur du circuit, tension qui s'élève à 1,73 pour 100 de la tension entre phases. Un courant résiduel prend naissance à proximité du défaut, son intensité dépendant du développement, de la tension et de la fréquence du réseau.

Il n'existe pas de dispositions permettant de remédier aux influences inductives dues à ces cas anormaux. On ne peut que chercher à éviter les accidents sur les lignes et les parallélismes.

Pour l'amoindrissement des effets inductifs produits par les courants et tensions équilibrés, les transpositions sont le moyen le plus simple et le plus efficace. Dans une ligne d'énergie triphasée, une transposition change de 120° la phase de l'induction produite par les courants et tensions équilibrés. En localisant les transpositions de façon que chaque conducteur occupe les diverses positions sur des distances égales, on formera un « toronnage » dans lequel la somme vectorielle des tensions induites sur une ligne parallèle sans transpositions est égale à zéro. Les transpositions d'une ligne d'énergie ont donc un effet de neutralisation.

Dans une ligne téléphonique, une transposition change de 180° la phase de la tension transversale induite. Elle expose donc également chaque côté de la ligne à l'influence de la ligne d'énergie ; c'est un effet d'égalisation. Il faut noter que la phase de la tension induite longitudinalement n'est nullement changée par les transpositions de la ligne téléphonique.

On réglera les effets de neutralisation et d'égalisation par des combinaisons de transpositions dans la ligne d'énergie et dans la ligne téléphonique. Voici une de ces combinaisons s'appliquant au cas d'une ligne triphasée et d'une ligne téléphonique métallique simple. Désignons par A, B, C les trois configurations de la ligne d'énergie. Soient a et a' les longueurs de la ligne téléphonique exposées à la configuration A ; b, b' et c, c' sont définis

Digitized by Google

de même. Les accents signifient qu'il y a un nombre impair de transpositions téléphoniques entre la longueur considérée et le point pris comme origine sur la ligne téléphonique. Pour équilibrer l'induction, les longueurs a, a', b, b', c, c' doivent satisfaire à la relation :

$$\Sigma a = \Sigma a' = \Sigma b = \Sigma b' = \Sigma c = \Sigma c'$$

On obtient l'équilibre d'induction longitudinale, pour courants et tensions équilibrés, quand la condition

$$\Sigma (a + a') = \Sigma (b + b') = \Sigma (c + c')$$

est satisfaite.

L'équilibrage de l'induction transversale due à des tensions et des courants équilibrés est obtenu quand la condition :

$$\Sigma (a - a') = \Sigma (b - b) = \Sigma (c - c')$$

est satisfaite.

Les transpositions de la ligne d'énergie ne changent en rien la phase ni la grandeur de l'induction produite dans les lignes téléphoniques.

L'induction longitudinale due aux tensions et courants résiduels ne peut être réduite par des transpositions ni dans la ligne d'énergie, ni dans la ligne téléphonique. Cette réduction ne peut être obtenue que par la réduction ou l'élimination des résiduels eux-mêmes dans le réseau de transmission.

Les transpositions de la ligne téléphonique sont un moyen efficace de réduire la tension transversale induite par les tensions et courants résiduels.

L'équilibrage de l'induction transversale due aux tensions et courants résiduels est obtenu quand la condition

$$\Sigma (a + b + c) = \Sigma (a' + b' + c')$$

est remplie.

Voici, en résumé, le tableau des divers facteurs impliqués et des conditions requises dans l'équilibrage de l'induction entre lignes d'énergie et lignes téléphoniques :

GENRE D'INDUCTION	COMPOSANTE DE LA TENSION OU DU COURANT DANS LA LIGNE D'ÉNERGIE	CONDITION POUR L'ÉQUILIBRAGE	L'ÉQUILIBRAGE DÉPEND DES TRANSPOSITIONS DANS :
Transversale.	Équilibrée.	$\Sigma(a-a') = \Sigma(b-b') = \Sigma(c-c')$	Les 2 lignes.
Transversale.	Résiduelle.	$\Sigma (a + b + c) = \Sigma (a' + b' + c')$	La ligne téléphonique.
Longitudinale.	Équilibrée.	$\Sigma(a+a') = \Sigma b + b' = \Sigma c + c'$	La ligne d'énergie.
Longitudinale.	Résiduelle (1).		

(1) L'induction est dans ce cas indépendante de toutes les transpositions.

Dans un réseau de transmission isolé du sol, il est assez facile de réduire les courants et tensions résiduels. On a dit que, dans ce cas, leur principale origine est le déséquilibre des capacitances entre les différents fils de ligne et la terre. Le remède consiste donc à équilibrer ces capacitances. Cela se fait en transposant la ligne sur toute sa longueur (y compris toutes les lignes métalliquement reliées à celle où se trouve le parallélisme) de façon que chaque fil occupe les diverses positions déterminées par les isolateurs sur des distances égales. La pratique montre qu'en général ces transpositions peuvent être assez largement espacées ; un toronnage d'un pas de 10 km environ suffit. Il peut d'ailleurs être ou n'être pas nécessaire de transposer la ligne d'énergie en dehors des parties en parallélisme ; cela dépend de l'intensité des influences qui naissent dans ces parties. Il ne faut le faire, en tout cas, qu'après avoir essayé et reconnu insuffisantes toutes les mesures qu'on peut appliquer dans le parallélisme même.

Dans les réseaux comportant un montage en étoile des transformateurs et la mise à la terre du point neutre, la réduction des courants et tensions résiduels ne se fait pas aussi facilement que dans les réseaux isolés du sol. On a déjà dit qu'il y a dans ce cas deux principales sources de résiduels : les charges non équilibrées entre les trois phases et le neutre et l'introduction du troisième harmonique et de ses multiples impairs.

Contre la première cause, le remède évident est de supprimer toutes les mises à la terre du neutre sauf une, ce qui empêche les courants déséquilibrés de passer par la terre. Cela peut n'être pas toujours prudent ni pratique, surtout dans les grands réseaux ; cependant, il y a tendance, de la part des grandes Compagnies de distribution, à supprimer la mise à la terre sauf aux points importants de génération et de couplage. L'emploi des charges monophasées avec un pôle à la terre ayant presque disparu de la pratique des grandes Compagnies d'exploitation, leurs lignes peuvent être très bien équilibrées au point de vue du courant de charge dans les trois phases.

L'introduction des harmoniques triples sous forme de tensions et courants résiduels est le principal problème du réseau avec neutre mis à la terre. Ces harmoniques dépendant directement de la densité magnétique dans les transformateurs, on les réduira en faisant fonctionner ceux-ci au-dessous de leur tension nominale.

Dans les réseaux mis à la terre, l'emploi du montage triangle-étoile pour les transformateurs est bien préférable au montage étoile-étoile, parce que l'enroulement triangle fournit à l'harmonique triple un circuit de faible impédance, en parallèle avec celui que forment la ligne et la terre et réduit par là l'intensité des courants de fréquence triple dans ce dernier circuit. Dans les réseaux où l'on emploie ce montage, les effets d'induction dus à l'harmonique triple peuvent être plus ou moins prononcés suivant les cas.

Quand on emploie à la fois des transformateurs montés en étoile-étoile et en étoile-triangle, les côtés reliés à la ligne étant en étoile avec neutre à la terre, la

Digitized by Google

batterie étoile-triangle forme un circuit d'impédance faible pour courants magnétisants de fréquence triple de la batterie étoile-étoile. Donc, dans la ligne, entre deux batteries de ces sortes différentes, il y aura un grand courant résiduel et, si un parallélisme se trouve dans ce tronçon, il s'y produira une forte induction. Mais, d'autre part, une telle batterie étoile-triangle peut servir de circuit dérivé pour les résiduels d'harmonique 3 et réduire de beaucoup leur valeur dans la partie de ligne située au delà. C'est donc un remède qu'on peut employer pour réduire les résiduels d'harmonique 3 dans les réseaux qui emploient le montage étoile-étoile.

Le courant local dû à l'harmonique 3, qui circule dans l'enroulement triangle, se trouve très accru quand on emploie ce montage en combinaison avec les batteries étoile-étoile et, par conséquent, pour donner de bons résultats, la batterie étoile-triangle doit être de puissance comparable à celle de la batterie étoile-étoile.

Dans un réseau n'employant que le montage étoile-étoile des transformateurs avec neutres mis à la terre, il y aura toujours d'importants résiduels dus à l'harmonique 3 et il faudra prendre des mesures pour les réduire. On se trouvera bien de l'emploi d'enroulements tertiaires pour ces transformateurs, quand il faudra en ajouter de nouveaux.

En résumé :

1° Dans les réseaux où les transformateurs sont montés en triangle et isolés, on peut réduire les résiduels par des moyens simples;

2° Dans les réseaux à montage en étoile avec mise à la terre, on dispose, pour la réduction des résiduels, de plusieurs moyens dont aucun n'est parfaitement satisfaisant.

Voici l'exemple d'un cas rencontré dans la pratique, où les mesures qu'on va exposer ont été appliquées et trouvées efficaces. Les détails du parallèle et les caractéristiques des lignes d'énergie (au nombre de 3) et des lignes téléphoniques sont les suivants (fig. 1) :

Lignes d'énergie. — N° 1. — 30000 v, triphasée, 50 p : sec; les fils disposés dans un plan vertical. Supports : pylônes. Batteries de transformateurs montées soit en étoile-étoile, soit en étoile-triangle avec connexion à la terre. Pas de transposition.

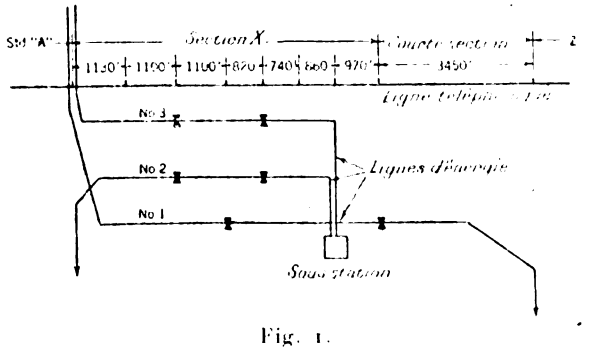


Fig. 1.

N° 2. — 15000 v, triphasée, 50 p : sec; les fils disposés dans un plan horizontal. Supports : poteaux. Batterie de transformateurs d'alimentation montée en étoile avec point neutre à la terre, et batteries de transformateurs récepteurs montées en triangle-triangle et en étoile-étoile, avec points neutres isolés. Pas de transpositions.

N° 3. — 15000 v, triphasée, 50 p : sec; les fils disposés aux sommets d'un triangle. Supports : poteaux. Batterie de transformateurs d'alimentation montée en étoile-étoile avec point neutre à la terre, et batteries réceptrices montées en triangle-triangle. Pas de transpositions.

Lignes téléphoniques. — Lignes à inductance modifiée (pupinisées?) comprenant des circuits matériels et des circuits fantômes; le total devant atteindre finalement 10 circuits matériels et 20 circuits fantômes. Système normal de transpositions.

Parallèle. — Longueur : 3100 m environ (10170 pieds). Distances entre les lignes d'énergie et les lignes téléphoniques : n° 1, 23 m; n° 2, 15 m; n° 3, 5,50 m. Croisement au commencement des lignes parallèles n° 1 et n° 3.

Combinaison de transpositions. — Les longueurs inégales de parallélisme des trois lignes d'énergie, les distances inégales entre ces lignes et la ligne téléphonique, les différences de tension, de configuration (verticale, horizontale, triangulaire) des lignes et du montage de transformateurs, font de ce cas un exemple intéressant de transpositions combinées et d'amoindrissement des résiduels.

On exécuta les transpositions suivantes :

Pour la ligne d'énergie n° 1, un seul toronnage (rotation de 360°), dans la partie exposée, fut jugé suffisant pour effectuer l'équilibrage, au point de vue de l'effet longitudinal des tensions et courants équilibrés. On a donc divisé la partie de ligne comprise dans le parallèle en trois sections égales en installant des transpositions aux pylônes adjacents au tiers et aux deux tiers de la longueur de cette partie.

Les lignes n° 2 et n° 3 fonctionnent en parallèle et leurs voisinages avec la ligne téléphonique coïncident; l'équilibrage pour l'induction longitudinale peut donc se faire au moyen d'un seul toronnage dans la partie exposée de chaque ligne. La longueur du parallèle comprenant ces lignes est donc divisée en trois sections égales par des transpositions effectuées dans les deux lignes d'énergie au tiers et aux deux tiers de la longueur.

Pour équilibrer les effets d'induction transversaux dus à la fois aux courants et tensions équilibrés ou résiduels, on emploie un système de transpositions de la ligne téléphonique qui consiste à la diviser en tronçons dits sections X, dont la longueur doit être égale ou inférieure à un demi-mile (805 m) et telle que les points de jonction de ces tronçons tombent en face des transpositions de la ligne d'énergie. Il y a quatre transposi-

Digitized by Google

tions à l'intérieur de chacune de ces sections X. Avec ce dispositif, trois de ces sections consécutives donnent l'équilibrage des effets d'induction transversaux dus aux lignes d'énergie parallèles, et l'on pourvoit en même temps à l'induction des lignes téléphoniques les unes sur les autres.

Amoindrissement des résiduels. — Nous voyons qu'à

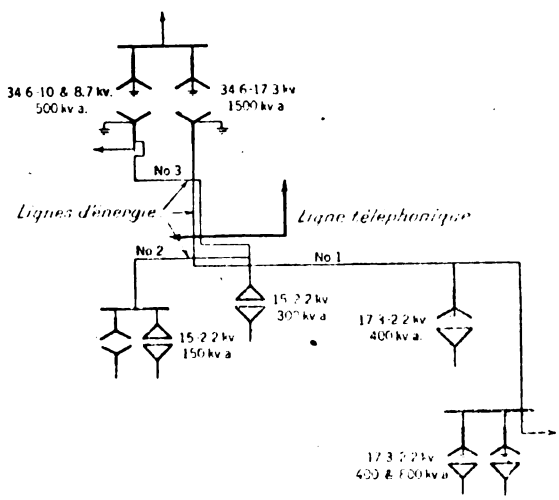


Fig. 2.

la ligne n° 1 (fig. 2) sont reliées une batterie de transformateurs montée en étoile-étoile et une batterie de transformateurs montée en étoile-triangle, avec points neutres mis à la terre. Comme on l'a dit, une telle disposition donne lieu à des courants résiduels intenses de fréquence triple dans la ligne d'énergie, d'où une forte induction longitudinale dans la ligne téléphonique. Un remède évident consistait à enlever à ces courants le circuit d'impédance faible qui leur était offert. Le point neutre du côté basse tension de la batterie d'alimentation étoile-étoile fut donc isolé du sol. Le courant résiduel fut ainsi réduit à une valeur assez faible pour n'avoir pas d'effet inductif appréciable sur les lignes téléphoniques.

Les lignes n° 2 et n° 3 sont alimentées par une batterie étoile-étoile dont le neutre est mis à la terre, mais tous les autres transformateurs reliés à ces deux lignes sont isolés. La batterie d'alimentation montée en étoile a deux prises de courant du côté à basse tension, de sorte qu'on peut fournir la puissance sous des tensions étoilées de 10 000 et de 8 700 v. La prise à 10 000 v fournit l'énergie à une troisième ligne qui est située en dehors du parallèle, ce qui offre un circuit dérivé aux résiduels d'harmonique 3, d'où une réduction de la valeur de ces courants dans la ligne comprise dans le parallèle. De plus, les courants résiduels ne peuvent passer par la terre qu'en traversant un circuit de forte impédance, puisqu'il n'y a de terre qu'à une extrémité de la ligne; ces deux faits réduisent assez la grandeur du courant résiduel dans le parallèle pour que son effet inductif soit tolérable.

P. L.

Revues, analyses et informations

Essais sur les interrupteurs à huile [1].

Une installation spéciale existe à l'Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft pour effectuer des recherches sur les puissances mises en jeu dans les courts-circuits. Le courant est fourni par un alternateur triphasé capable d'une puissance normale de 15 000 kv-a, sous une tension de 7 500 v. Cet alternateur tourne à 500 t : min, il possède 12 pôles. Il est accouplé directement à un moteur asynchrone de 1 100 kw, alimenté par la station centrale de l'usine. La réactance de l'alternateur est d'environ 6 pour 100, ce qui permet d'obtenir des courants instantanés très intenses et peu amortis. La partie tournante de l'alternateur pèse 50 000 kg et possède $\Sigma P D^2$ de 112 000 kg-m^2, de sorte que, pendant les essais en court-circuit, le moteur de commande ne déclanche pas. Pendant ces essais, la vitesse du groupe diminue en moyenne de 5 pour 100. L'excitation de l'alternateur est fournie par un groupe convertisseur indépendant de 130 kw. La figure 1 représente la disposition schématique du montage pour les essais. Le courant produit par l'alternateur passe tout d'abord par des sectionneurs placés dans la salle des machines pour se rendre ensuite, par une canalisation aérienne, à l'extérieur de cette salle à l'endroit où s'effectuent les essais; il traverse ensuite un interrupteur tripolaire de sécurité à déclanchement automatique pour aboutir à un interrupteur tripolaire, composé de trois interrupteurs unipolaires au moyen desquels on ferme le court-circuit sur l'interrupteur à essayer, branché à la suite. Entre l'interrupteur de sécurité et l'interrupteur de fermeture sont situés un transformateur d'intensité et un transformateur de potentiel qui alimentent un oscillographe permettant de prendre la forme de la courbe de courant et de la courbe de tension pendant la rupture. Tous les interrupteurs sont prévus avec commande électrique à distance, le courant continu nécessaire est fourni par un groupe spécial de 30 kw. Le courant continu nécessaire au fonctionnement de l'oscillographe est fourni également par un petit groupe spécial. L'interrupteur de fermeture du court-circuit possède sur son arbre de commande deux contacts, l'un commande le dispositif d'éclairage de l'oscillographe pour photographier les courbes au moment voulu; l'autre actionne les organes de déclanchement automatique de l'interrupteur à essayer. Outre le disjoncteur de sécurité déjà signalé, on dispose d'un deuxième moyen d'arrêter immédiatement l'essai. Ce deuxième dispositif consiste en une résistance ohmique mise en série avec un interrupteur automatique, le tout étant placé en parallèle sur le bobinage d'excitation de l'excitatrice. En cas de danger, on ferme cet interrupteur; le circuit d'excitation se trouve en même temps coupé et

[1] Georg Stern et Joseph Biermanns. *Elektrotechnische Zeitschrift*, 16 et 24 novembre 1916, t. XLVI, p. 617-620 et p. 635-639, 16 fig.

Digitized by Google

l'alternateur est amené très rapidement à une tension nulle, sans aucune crainte de surtension. Les essais sont conduits de la façon suivante : l'alternateur est tout d'abord amené progressivement à la tension convenable, puis brusquement mis en court-circuit sur l'interrupteur à essayer. Le court-circuit est ensuite rompu par cet interrupteur. On prend à l'oscillographe la courbe de tension entre les contacts de l'interrupteur, ainsi que la courbe de courant pendant la rupture. Dans beaucoup d'essais, on a mesuré également la pression à l'intérieur de l'interrupteur à l'aide d'un manomètre-indicateur dont le tambour est actionné par l'arbre de commande de l'interrupteur. On mesure également la vitesse d'ouverture de l'interrupteur à l'aide d'un tachymètre enregistreur approprié.

Généralement, on définit une puissance de rupture comme le produit de l'intensité au commencement de la rupture par la tension entre les contacts de l'interrupteur après la rupture. Malheureusement, dans la plupart des essais effectués, la disjonction se produisait tellement rapidement que, au début de la rupture, le courant de court-circuit n'avait pas encore atteint un régime constant. On a donc admis, pour le courant, la valeur moyenne de l'intensité pendant la rupture. Cette valeur moyenne ne diffère pas beaucoup, lorsque l'amortissement est faible, de la valeur de la dernière amplitude avant la rupture. La tension entre les contacts à la fin de la rupture ne diffère jamais notablement de la tension à vide établie avant les essais.

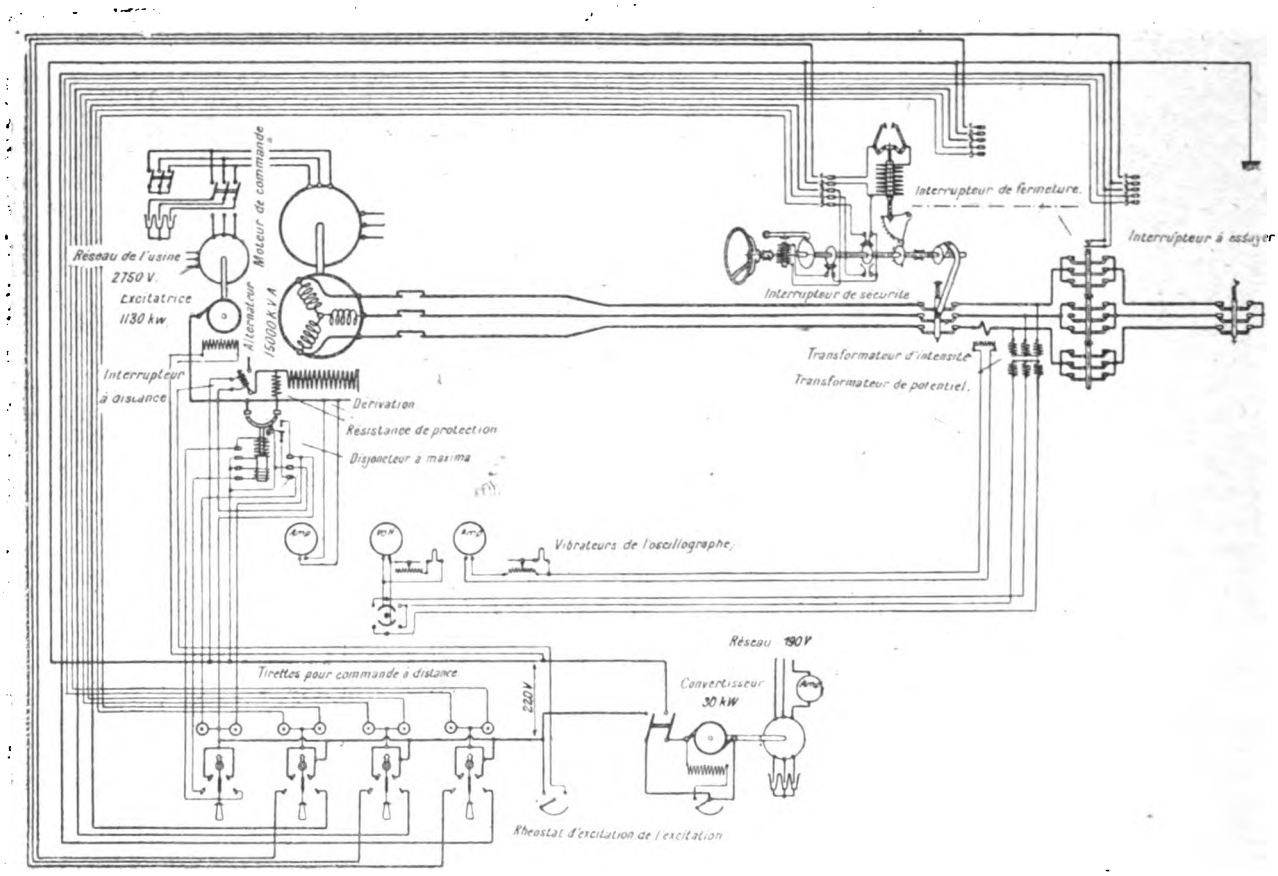


Fig. 1. — Installation pour les essais des interrupteurs à huile en courts-circuits.

Influence du déphasage sur la durée de la rupture. — Avec le courant alternatif, l'arc, dans la plupart des cas, ne s'éteint pas, lors du premier passage par zéro de la courbe de courant après la rupture, mais, au contraire, dure pendant un certain nombre de demi-périodes. Cela tient lorsqu'il n'y a pas déphasage entre la tension et le courant dans le circuit extérieur, au phénomène dit de l'hystérésis de l'arc, qui fait que l'effet calorifique produit par l'arc est en retard sur le courant. Au moment où, par suite du passage par zéro de la courbe d'intensité, l'arc devrait s'éteindre, la courbe de tension a dépassé la valeur zéro et atteint, au contraire, une valeur qui tend à produire l'allumage d'un nouvel arc. La rupture se termine seulement lorsque la distance entre les contacts de l'interrupteur est suffisamment grande pour empêcher le nouvel arc d'éclater. Si, dans le circuit extérieur, il existe un déphasage entre la tension et le courant, au moment de la rupture, la tension entre les contacts, au moment du passage par zéro de l'effet calorifique de l'arc, sera plus grande, toutes choses égales d'ailleurs, qu'au moment où le déphasage était nul. On voit donc que le décalage fait augmenter la longueur et par conséquent la durée de l'arc de rupture. La tension de réamorçage de l'arc est maximum et égale sensiblement à l'amplitude maximum de la force électromotrice extérieure, lorsque le décalage atteint 90°, la durée de l'arc croît aussi avec la valeur de la tension dans le circuit extérieur et, dans une certaine mesure, avec la valeur de l'intensité. C'est cette dernière grandeur qui, avant tout, est prédominante dans la détermination de l'énergie consommée dans l'arc, et, par conséquent, dans celle des dimensions à donner aux inter-

Digitized by Google

rupteurs. On voit, par ce qui précède, que les conditions de rupture les plus défavorables pour un interrupteur se produisent lors de la coupure d'un court-circuit; non seulement parce que l'intensité croît d'une manière considérable, mais aussi parce que le déphasage entre la tension et le courant augmente dans de très fortes proportions. Pour étudier expérimentalement l'influence du déphasage sur la durée de l'arc de rupture, on opère de la façon suivante. On fait débiter (fig. 2) l'alternateur sur un ensemble de bobines de réactance et de résistances variables, de manière à obtenir, pour des régimes de courant aussi constants que possible, des déphasages compris entre zéro et 90°. On utilisait dans les essais une bobine de réactance triphasée de 10 000 kv-a, 5 600 v, 50 p : sec, absorbant à vide 80 kw. Les résultats de ces essais sont figurés dans le tableau 1 et dans la courbe de la figure 3. Dans cette courbe, la partie en pointillé correspond aux valeurs portées dans le tableau I :

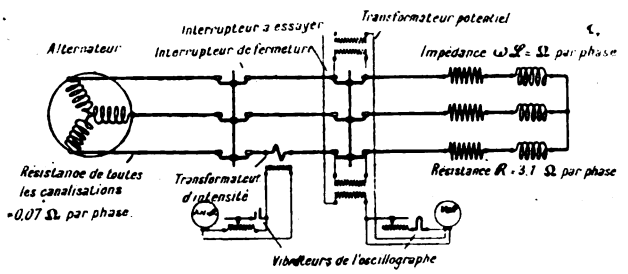


Fig. 2.

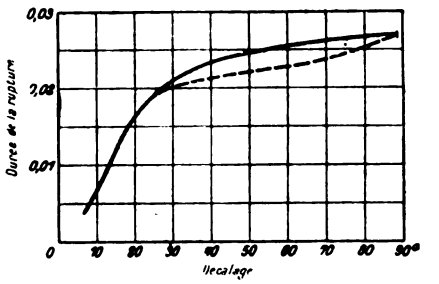


Fig. 3.

Tableau I.

ESSAIS		TENSION A VIDE	INTENSITÉ	PUISSANCE APPARENTE	DURÉE DE LA RUPTURE		REMARQUES
numéros	disposition				en demi-périodes	en moyenne	
		v	a	kv-a			
679	triphasé	6 000			2,5		
680		7 000			2,8		
681		7 500			2,5	2,7	Déphasage : 88°. Bobines de réactance en étoile, résistances ohmiques shuntées.
682		7 500	1 700	22 000	3,0		
683		6 000	600	6 250	2,1		
684		7 000	700	8 500	2,2	2,2	Déphasage : 50°. Bobines de réactance en étoile, résistances ohmiques en circuit.
685		7 500	780	10 000	2,3		
687		7 000	1 090	13 000	2,3		Déphasage : 25°. Bobines de réact. en triangle. Résist. ohm. en circuit.
688		7 500	1 170	15 000	1,6	1,95	
689		6 000	1 100	11 500	0		Déphasage : 10°. Bobines de réactance shuntées. Résistances ohmiques en circuit.
690		6 000	1 200	14 500	1	0,63	
691		7 500	1 350	17 500	0,9		

La remarque principale qui résulte de l'examen du tableau I et de la courbe, figure 3, est la suivante : à partir de 30°, l'influence du déphasage sur la durée de rupture de l'arc n'augmente plus que très lentement.

Influence du nombre des points de rupture et des chambres de soufflage. — Le tableau II donne le résumé des essais effectués dans le but de déterminer l'influence du nombre des points de rupture. On a utilisé dans ce but un interrupteur tripolaire de construction normale.

On a effectué trois séries d'essais.

Essais a). — Un pôle seulement de l'interrupteur était utilisé, la longueur de la course des contacts mobiles et la vitesse de rupture étaient normales.

Essais b). — On mettait en série deux pôles de l'interrupteur. Sur l'arbre de commande est fixé un levier limitant la course des contacts mobiles à la moitié de la valeur précédente. De plus, un contre-poids permettait de diminuer de moitié la vitesse de rupture.

Essais c). — On supprimait le contrepoids, la vitesse était ainsi ramenée à sa valeur primitive, la course des contacts mobiles restant diminuée de moitié (Tableau II).

Les essais effectués prouvent qu'on obtient une rupture bien meilleure lorsqu'on utilise quatre points de rupture, en diminuant de moitié la course des contacts mobiles et la vitesse de rupture. On voit, par contre, que l'augmentation de la vitesse de rupture ne produit qu'une faible amélioration.

Dans tous les tableaux de cet exposé, les valeurs données pour la tension et le courant sont les valeurs effectives, I_1 est la valeur effective maximum du courant de court-circuit correspondant à la première onde, I_2 est la valeur moyenne des valeurs effectives du courant de court-circuit correspondant aux diverses ondes pendant la durée de la rupture.

On entend par chambres de soufflage des chapeaux métalliques cylindriques adaptés autour des contacts fixes. Ces pièces sont complètement fermées à leur partie supérieure leurs parois latérales sont percées de petits trous pour la

Digitized by Google

Tableau II.

ESSAIS NUMÉROS	TENSION	INTENSITÉ I_1	INTENSITÉ I_2	PUISSANCE MONOPHASÉE DU COURT-CIRCUIT maximum KV-A	PUISSANCE MONOPHASÉE DU COURT-CIRCUIT interrompue KV-A	DURÉE DE LA RUPTURE EN DEMI-PÉRIODES	NATURE DE L'ESSAI
367	5 100 V	2 500 A	950 A	12 800	4 850	16	*a*
370	5 100	2 400	1 100	12 200	5 600	5	*b*
373	5 100	1 600	1 080	8 150	5 500	3	*c*
368	6 050	3 500	1 000	21 200	6 050	21	*a*
371	6 050	3 150	1 000	19 000	6 050	11	*b*
374	6 050	1 800	950	10 900	5 750	8	*c*
369	6 950	3 150	1 400	22 000	9 750	23	*a*
372	6 950	3 500	1 250	24 300	8 700	17	*b*
375	6 950	2 500	1 050	17 400	7 300	15	*c*

circulation d'huile. Le contact mobile pénètre à l'intérieur de ce chapeau à la fermeture. A la rupture, par suite de la vaporisation de l'huile au contact de l'arc, naît une pression considérable à l'intérieur des chapeaux, ce qui tend à souffler l'arc; de plus la pression ne peut se transmettre que faiblement sur les parois de la cuve de l'interrupteur. Dans un essai spécial, on a produit un court-circuit de 23 000 kv-a sous 38 000 v, l'interrupteur étant muni de chambres de soufflage. L'arc a duré pendant 11 demi-périodes, soit 11 centièmes de seconde. La pression dans les chambres s'est élevée à 5 kg : cm²; sur les parois de la cuve, elle n'a pas dépassé 0,4 kg : cm².

Les tableaux III et IV donnent la comparaison entre des essais effectués sur un interrupteur unipolaire 100 000 v

Tableau III.

Interrupteur unipolaire, 100 000 volts, 400 ampères, avec 6 points de rupture. Vitesse 3 mètres par seconde.

ESSAIS NUMÉROS	TENSION	I_1	I_2	PUISSANCE MONOPHASÉE DU COURT-CIRCUIT maximum KV-A	PUISSANCE MONOPHASÉE DU COURT-CIRCUIT interrompue KV-A	DURÉE DE LA RUPTURE EN DEMI-PÉRIODES
	V	A	A			
262	60 000	485	270	27 100	16 200	17
263	65 000	570	260	37 000	16 900	19
264	69 000	465	290	32 100	20 000	18
268	67 000	375	275	25 100	18 400	26
269	65 000	420	265	27 300	17 200	14
270	65 000	500	234	32 500	15 400	24

400 A — munis de six points de rupture et un interrupteur de mêmes caractéristiques, mais muni seulement de deux points de rupture avec chambres de soufflage.

Le premier interrupteur avait une vitesse de rupture de 5 m : sec; le second de 3.23 m seulement. Dans le premier cas, la durée moyenne de l'arc est de 20 demi-périodes, pour une puissance moyenne de rupture de 17 300 kv-a; dans le second cas, la durée moyenne de l'arc est de 8 demi-périodes seulement pour une puissance moyenne de rupture de 29 700 kv-a; plus élevée que la précédente de 70 pour 100 environ.

Un nouvel interrupteur pour grandes puissances. — Ce nouvel interrupteur est construit en combinant des contacts à rupture rapide avec des chambres de soufflage. On entend par contacts à rupture rapide un système établi de la façon suivante : le contact mobile est retenu par frottement dans le contact fixe pendant la plus grande partie de la course de la traverse portant les contacts mobiles. La rupture se produit seulement vers la fin de cette course, sous l'action d'un ressort. Le mouvement des contacts mobiles, qui sont constitués par des tiges de diamètre très faible, est aussi peu amorti que possible par l'huile, de sorte qu'on obtient, avec ce système, une vitesse de rupture beaucoup plus élevée qu'avec tous les autres. Cette condition n'est pas toujours suffisante dans certains cas, pour améliorer la rupture, mais la combinaison des contacts rapides avec les chambres de

Tableau IV.

Interrupteur unipolaire, 100 000 volts, 400 ampères avec 2 points de rupture et chambres de soufflage. Vitesse 3 mètres par seconde.

ESSAIS NUMÉROS	TENSION	I_1	I_2	PUISSANCE MONOPHASÉE DU COURT-CIRCUIT maximum KV-A	PUISSANCE MONOPHASÉE DU COURT-CIRCUIT interrompue KV-A	DURÉE DE LA RUPTURE EN DEMI-PÉRIODES
	V	A	A			
582	70 000	550	360	38 000	25 300	7
583	80 000	580	360	46 500	28 700	8
584	80 000	500	330	40 000	26 500	9
585	80 000	500	410	40 000	33 000	7
586	80 000	430	440	35 000	35 000	8

soufflage a donné les meilleurs résultats, comme le montre du reste le tableau V, résumant les essais effectués sur un interrupteur unipolaire. On a effectué plusieurs séries d'essais dans des conditions différentes :

1° Sans contacts rapides et sans chambres de soufflage;
2° Avec contacts rapides, sans chambres de soufflage;
3° Sans contacts rapides, avec chambres de soufflage;
4° Avec contacts rapides et chambres de soufflage.

On voit, dans le tableau ci-dessous, qu'on a pu obtenir en un centième de seconde la rupture d'un court-circuit de 120 000 kv-a par phase, ce qui correspondrait à 460 000 kv-a en système triphasé. Ce nouvel interrupteur permet donc d'obtenir une durée minimum de l'arc de rupture; il sup-

Digitized by Google

Tableau V.

ESSAIS N°s	TENSION	INTENSITÉ I_1	INTENSITÉ I_2	PUISSANCE TRIPHASÉE DU COURT-CIRCUIT maximum KV-A	PUISSANCE TRIPHASÉE DU COURT-CIRCUIT interrompue KV-A	DURÉE DE LA RUPTURE EN DEMI-PÉRIODES	REMARQUES
	V	A	A				
915	5 400	14 000	6 000	131 000	56 200	3	Sans chambres de soufflage sans contacts rapides.
916	6 500	11 000	7 500	123 500	84 800	5	
907	5 300	15 000	8 100	138 000	74 500	3	Sans chambres de soufflage avec contacts rapides.
908	6 750	20 000	11 500	234 000	134 500	3	
909	7 700	17 000	14 000	237 000	186 000	4	
911	6 500	15 000	8 000	168 000	90 400	2	Avec chambres de soufflage sans contacts rapides.
912	7 650	13 500	10 500	178 000	139 400	2	
913	7 650	16 500	10 000	218 000	132 500	2	
914	7 650	15 500	11 500	204 000	152 500	2	
921	7 650	19 000	10 500	145 000 (mono)	80 000 (mono)	3	
922	7 650	19 000	11 000	145 000 (mono)	84 000 (mono)	4	
917	6 500	18 500	7 000	211 000	79 000	1	Avec chambres de soufflage et contacts rapides.
918	7 650	11 000	9 500	146 000	126 000	1	
919	7 650	13 500	9 000	179 000	119 500	1	
920	7 650	26 000	8 600	345 000	114 000	1	
665	5 100	33 000	9 000	168 000 (monophasée)	46 000 (monophasée)	1	
666	6 760		15 000		110 000	1	
667	7 550		20 000		151 000	1	
670	6 750	22 000	12 000	148 500	81 000	1	
671	7 500	27 000	16 000	202 000	120 000	1	

prime de plus les effets nuisibles de surpression par suite de la volatilisation de l'huile au contact de l'arc. Ces effets se produisant à l'intérieur seulement des chambres de soufflage tendent à favoriser l'extinction de l'arc et ne provoquent pas de surpressions dangereuses sur les parois de la cuve.

E. P.

Régulateur pour turbine hydraulique.

Parmi les diverses machines présentées par les Ateliers de constructions mécaniques de Vevey à l'Exposition nationale suisse qui se tint à Berne en 1914, se trouvait une turbine Pelton à axe horizontal, destinée à l'usine de Vouvray en Valais. Un article récent de M. R. Neeser (1) donne sur cette turbine et sur son régulateur quelques renseignements dont les suivants nous ont paru intéressants.

La turbine (fig. 1 p. 772), établie pour une hauteur de chute de 880 m, développe une puissance de 2 600 ch, à la vitesse angulaire de 500 t : min. Sa roue motrice a un diamètre moyen de 2 200 mm ; sur le moyeu en acier coulé et claveté sur l'arbre sont fixés deux disques en tôle d'acier de 70 mm d'épaisseur qui supportent les aubes, deux couronnes de boulons assurent l'assemblage. Les aubes sont en acier coulé, les pattes de fixation se touchent radialement afin de répartir la poussée de l'eau sur le plus grand nombre d'aubes possible.

Le régulateur (fig. 2) se compose de deux servo-moteurs. L'un A, à action rapide, commande l'écran déflecteur 15. L'autre B, à action lente, commande le pointeau P de la tuyère d'injection. Le servo-moteur B est relié au régulateur tachymétrique T par l'intermédiaire du levier 1 du distributeur D_2 d'huile sous pression, commandé lui-même par le pointeau p_2, il est asservi par la bielle 7.

Une pompe à engrenages E fournit l'huile sous pression aux servo-moteurs A et B. Le régulateur tachymétrique T communique donc ses moindres mouvements au pointeau P, cependant les variations de pression dans la conduite d'alimentation sont rendues inoffensives grâce au choix du temps de fermeture, variable à volonté, du servo-moteur B.

Lorsque ces variations de charge sont faibles, la course de 1, 2 et p_2 sont petites, le taquet 8 n'entre pas en contact avec le levier 10 et le pointeau P agit seul.

Si une décharge brusque et relativement importante se produit, le taquet 8 s'appuyera sur 10, le ressort 9 sera comprimé, le pointeau p_1 de D_1 se soulevera en comprimant le ressort 12, l'huile sera introduite sous le piston du servo-moteur A qui, par l'intermédiaire de 13, 14 et 15, produira une déviation du jet. Les éléments du servo-moteur B revenant à leur position d'équilibre, le ressort 12 ramènera 10, 11 et p_1 dans leur position initiale. Le piston de A redescend, l'écran reprend sa place primitive O, pendant ce temps, le servo-moteur B a déplacé le pointeau P de façon que la puissance de la turbine corresponde à la puissance demandée sur l'arbre.

Aux faibles charges, l'écran n'est pas tangent au jet, il en résulte un certain retard auquel les constructeurs ont remédié en donnant une grande vitesse d'action au servo-moteur à action rapide A. Tandis que B parcourt sa course en 8 à 10 secondes, A provoque le déplacement total de l'écran en moins d'une seconde.

La butée 8 est réglable sur la tige 2. Le régulateur tachymétrique T est à ressorts, le nombre de tours de régime peut être modifié dans certaines limites par le déplacement du contrepoids Q (fig. 1) au moyen de la manivelle m et de la tige filetée t. La manivelle m peut être commandée du tableau par un petit moteur électrique.

H. G.

(1) R. Neeser. Les machines hydrauliques à l'Exposition nationale suisse de Berne en 1914. *Bulletin technique de la Suisse romande*, 13 janvier 1917, t. XLIII, p. 1.

Digitized by Google

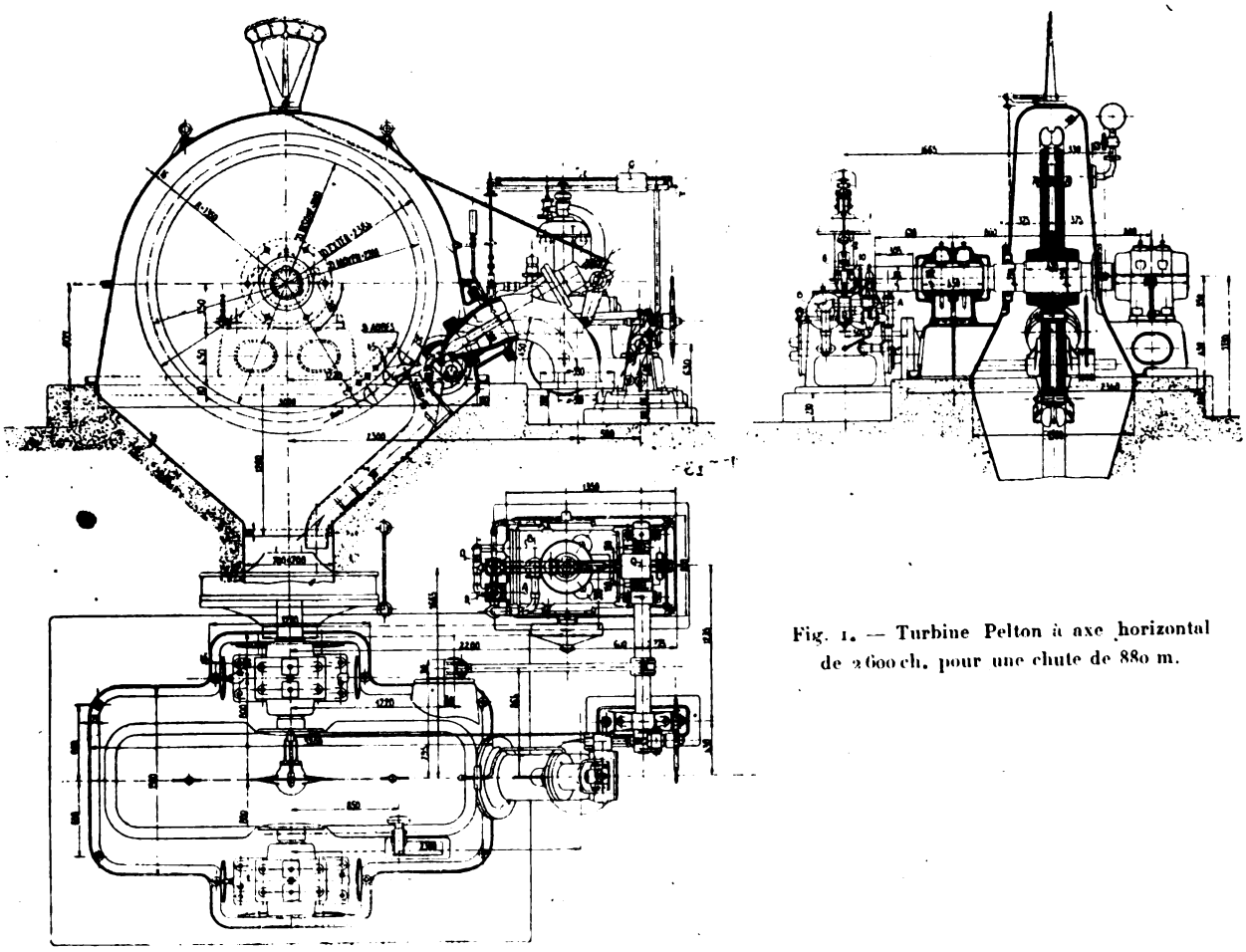


Fig. 1. — Turbine Pelton à axe horizontal de 2 600 ch. pour une chute de 880 m.

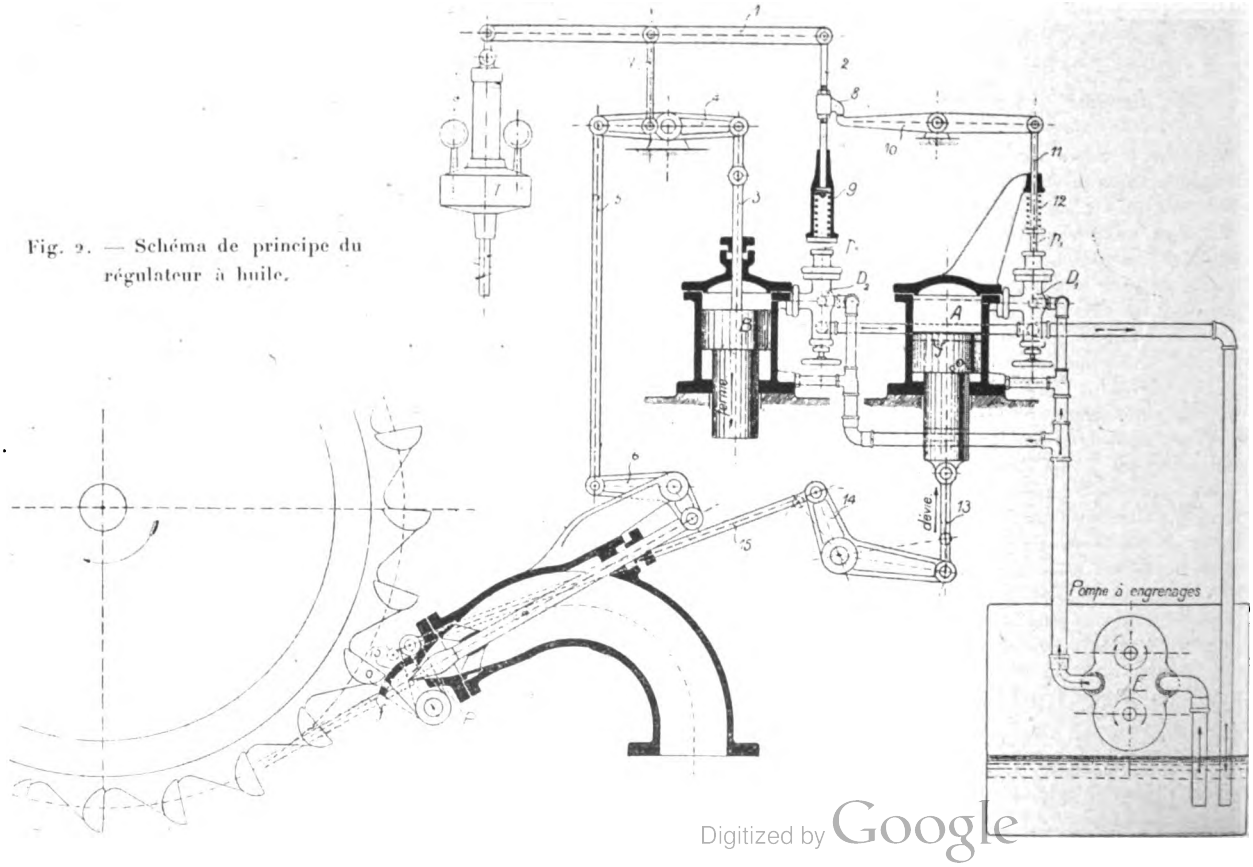


Fig. 2. — Schéma de principe du régulateur à huile.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

La Houille blanche dans les Pyrénées

ÉTAT ACTUEL DE SES APPLICATIONS

A l'heure actuelle, les applications de la Houille blanche préoccupent beaucoup, non seulement les techniciens, mais aussi l'opinion publique; elles sont certainement appelées à se développer très rapidement. — L'auteur s'est proposé de faire connaître, dans cette étude, les usines qui, dans la région pyrénéenne, empruntent leur énergie aux torrents de nos montagnes.

L'industrie de notre pays a, depuis deux ans et par le fait des hostilités, pris un essor considérable employé presque uniquement à des productions de guerre. Il y a tout lieu de penser que ce puissant mouvement, né dans les circonstances tragiques de l'heure présente, ne s'arrêtera pas après la victoire et qu'il ira, au contraire, se développant de plus en plus, mais en vue de productions pacifiques.

Il faudra alors — et il serait bien désirable qu'on pût le faire au plus tôt — mettre au service de cette industrie rénovée toute la puissance dont nous disposons. Il faudra, en particulier, mettre en exploitation nos richesses en houille blanche dont seulement une faible partie est actuellement utilisée. On a beaucoup fait, dans cette voie, le long des cours d'eau alpestres. Il semble que les Pyrénées soient en retard pour cette application et qu'elles recèlent, dans leurs vallées et dans leurs lacs, une puissante réserve d'énergie encore à l'état potentiel.

Je me suis proposé d'étudier cette question, en la subdivisant de la manière suivante :

1° Quelle est la puissance actuellement captée dans les Pyrénées et à quoi sert-elle?

2° De quelle puissance totale pourra-t-on disposer et comment se trouve-t-elle répartie?

3° A quoi pourrait-on destiner celle qui n'est pas encore utilisée?

Je bornerai, pour le moment, mon étude à la première de ces questions, me réservant de revenir ultérieurement sur les deux autres.

Cette première partie comprendra un état des usines actuellement existantes, en construction ou en projet, dans les six départements pyrénéens. Je me suis borné à celles d'au moins 100 ch; les autres, formées surtout de moulins et de scieries, quoique parfois nombreuses, ne représentent qu'une puissance totale relativement peu importante; leur énumération en serait longue et d'un médiocre intérêt.

J'ai établi, pour chaque département, un tableau indiquant pour chaque usine ses caractéristiques essentielles. Viennent ensuite, sous forme d'une courte notice, quelques détails complémentaires sur chacune d'elles.

Les documents que j'ai utilisés proviennent de plusieurs sources :

1° De l'Administration des Ponts et Chaussées;

2° De diverses personnes de la région, ingénieurs, industriels ou autres, d'une compétence reconnue;

3° Enfin, et surtout, des chefs d'industrie eux-mêmes, dont la presque totalité a répondu avec beaucoup d'empressement à l'enquête à laquelle je me suis livré (1).

— Je sais qu'un travail, ayant à peu près le même objet que le mien, était en préparation au Service des grandes forces hydrauliques du Sud-Ouest, sous la haute direction de M. Lévy-Salvador, chef du Service technique de l'hydraulique agricole au ministère de l'Agriculture. Ce travail a dû être interrompu par suite de difficultés résultant de la mobilisation. Il paraîtra ultérieurement. Cette publication, quoique tendant au même but que la mienne — le développement de l'industrie nationale — n'ayant pas été puisée aux mêmes sources, sera certainement très différente et je suis convaincu qu'elle viendra heureusement confirmer et compléter la mienne.

I. — Département des Basses-Pyrénées (2).

1. — Le volume minimum des eaux motrices est, d'après l' « Electra », de 6 000 à 7 000 l : sec. La hauteur de chute maximum est de 3,80 m environ, mais celle-ci diminue très rapidement lorsque le débit de la rivière augmente et la Nive a des variations de débit très considérables. — La puissance créée varie de 250 ch, en toutes basses eaux, jusqu'à un maximum de 300 à 320 ch. Les installations comprennent une turbine de 250 et une de 300 ch, mais elles ne marchent jamais simultanément. Ces turbines sont accouplées à des alternateurs synchrones triphasés, 5000 v, 50 périodes.

L'énergie produite est transportée jusqu'à Anglet, près de

(1) Je tiens à remercier ici tous ceux qui, à des titres divers, ont bien voulu s'intéresser à mon étude et m'ont aimablement fourni les documents qui m'étaient nécessaires pour la mener à bien.

(2) Voir à la page suivante le tableau des usines auxquelles se réfèrent les indications ci-dessous.

Digitized by Google

TABLEAU I. — *Département des Basses-Pyrénées.*

Nos D'ORDRE	COURS D'EAU	COMMUNES ET NOMS DES USINES	PROPRIÉTAIRES, LOCATAIRES OU EXPLOITANTS	VOLUMES DES EAUX MOTRICES PAR SECONDE	HAUTEURS DE CHUTE	PUISSANCES brutes	PUISSANCES réalisables	PUISSANCES installées	PRODUCTION DE L'USINE
				litres	metres	chevaux	chevaux	chevaux	
1	Nive.	Itxassou.	Société L'Electra, à Bayonne.	6 500	3,80	330	250	300	Energie électrique.
2	Nive des Aldudes.	Banca.	Soc. hydro-électrique des B.-Pyrénées, à Bayonne	1 000 à 3 750	100	1 330 à 5 000	1 000 à 4 000	4 000	Energie électr.
3	Ruisseau de Laurhibar.	Ahaxe.	Loizu et Laco.	910	11	130	100	100	Electricité et meunerie.
4	Saison.	Charritte-de-Bas.	Société électrique (MM. Keller et de Joantho).	6 000	3,20	255	190	300	Energie électr.
5	Saison.	Mauléon.	L. Béguerie.	4 250	3,50	200	150	150	Filature de jute et fabrique de sandales.
6	Saison.	Mauléon.	Cherbero.	4 000	2,70	145	110	85	Energie électr.
7	Id.	Id.	Cherbero.	4 000	1,90	100	75	75	Fabr. de sandales.
8	Id.	Id.	Etchegoyen.	2 500	9	300	235	180	Minoterie et élect.
9	Gave d'Oloron.	Navarrenx.	Masseys, frères.	12 000	4	640	480	100	Meunerie.
10	Gave d'Aspe.	Oloron.	Lavigne.	3 000	4,30	170	130	130	Electricité, meunerie, tannerie.
11	Id.	Oloron (Sceix)	J. Mazères.	6 000 à 8 000	7	560 à 745	420 à 560	400	Energie électrique.
12	Ruisseau de l'Arnousse (affluent du Gave d'Aspe).	Urdos.	Pourxet et Tixeire.	170	150	340	255	255	Compresseur d'air et énergie électrique.
13	Gave d'Aspe et ruisseau d'Espelunguère.	Urdos (Forges d'Abel).	Desplats et Lillaz.	500	160	1 065	800	1 300	Energie électr.
14	Gave d'Ossau.	Arudy.	Lapeyre et Palisses.	4 000	4 chutes successives : 1 et 4 4,50 ou 6,50	265 240 du 345	200 180 ou 260	100 250	Extraction et taille du marbre.
15	Gave d'Ossau.	Arudy.	Ancienne usine de la Société des carbures métalliques	6 000	10		600		En chômage.
					10	665	500	600	En chômage.
16	Gave d'Ossau.	Arudy.	Laprade.	barrage d'aval 5 000 barrage d'amont 5 000	10	665	500	600	Estampage de métaux. Extraction et taille du marbre. Pelleterie.
17	Gave de Pau.	Puyôo.	Eaux et éclairage électrique de Salies-de-Béarn.	20 000	3	800	600	380	Energie électr.
18	Gave de Pau.	Orthez.	Soc. anonyme des usines d'Orthez.	14 000	3,50	650	490	200	Minoterie.
19	Gave de Pau.	Orthez.	Id.	14 000	5	930	700	280	Papeterie.
20	Gave de Pau.	Orthez.	Société des Forces motr. d'Orthez-Castetarbe.	18 000	5,50	1 320	990	1 120	Energie électr.
21	Gave de Pau et ruisseau de l'Ousse.	Pau.	Heïd et Cie.	6 000 (sur le Gave) + x (sur l'Ousse)	3,80	225 + x_1	170 + x_2	200	Minoterie et brasserie à fermentation basse.
22	Gave de Pau et ruisseau de l'Ousse.	Billère.	Heïd et Cie (Soc. électrique des Pyrénées, locataire).	6 000 (sur le Gave) + x' (sur l'Ousse)	2,50	200 + x'_1	150 + x'_2	200	Energie électr.
23	Gave de Pau.	Bizanos.	Id.	6 000	2,20	175	130	130	Energie électr.
24	Id.	Mirepeix.	Brückert.				250		Filature de coton.
25	Id.	Nay.	Nelli.	2 500 à 3 000	4	130 à 160	100 à 120	120	Filature de laine et cotons cardés.
26	Id.	Nay.	Société électrique des Pyrénées.	10 000	2	265	200	200	Energie électr.
27	Id.	Claracq.	Id.	8 000	2,50	265	200	200	Energie électr.
28	Id.	Courraze.	Tournier.	5 000	4,60	305	230	120	Tissage, blanchisserie et teinturerie.
29	Id.	Montaut.	Baron.	5 000	5	330	250	250	Papeterie et électricité
			TOTAUX.....			12 995 à 16 985	9 625 à 13 865	11 825	
			Usines en construction ou en projet.						
30	Gave Uhaïtça.	Licq-Athérey.	Giros et Loucheur.	5 000	135	9 000	6 750	6 000	Energie électr.

Digitized by Google

Bayonne, après avoir été élevée à 15 000 v par transformateurs statiques. Toute cette énergie est distribuée le long des lignes de transport (environ 40 km de canalisation); elle est employée pour l'éclairage et la force motrice dans cinq ou six communes.

2. — Le barrage de retenue est situé sur le territoire de la commune des Aldudes. Le canal d'amenée, couvert sur toute sa longueur, est long de 4 700 m et va déboucher à Banca, dans un bassin de mise en charge. — L'énergie, transmise à 30 000 et 5 000 v, est employée sous forme d'éclairage dans une trentaine de communes, parmi lesquelles les villes de Bayonne, Biarritz, Saint-Jean-de-Luz. Une autre grande partie est utilisée comme force motrice par des industries métallurgiques, des fabriques de produits chimiques, des fabriques de ciment, des tuileries et autres industries de moindre importance.

L'usine de Banca possède, à Mouguerre, une usine thermique de secours qu'elle utilise aux époques de basses eaux (1).

3. — Le courant, transporté à 5 000 v, dessert six communes, avec 12 km de canalisation ; 80 ch sont employés pour l'éclairage public et privé, 10 ch sont transportés à une fabrique de chocolat, à Saint-Jean-Pied-de-Port, et 10 ch sont utilisés pour actionner un moulin à farine.

4. — Le débit de 6 000 litres correspond à des eaux moyennes ; lors des bas étiages, l'usine ne fournit guère que 150 ch. Elle possède 2 turbines et 2 dynamos ; un troisième groupe était en cours d'installation avant la guerre. Le courant, distribué sous 7 500 v, dessert treize communes, avec 45 km de canalisation ; cette énergie est utilisée comme éclairage et comme force motrice (scieries, fabriques de toiles, de sandales, etc.) ; une partie est absorbée par une chocolaterie annexée à l'usine.

5. — Le débit indiqué correspond aux eaux moyennes.

6 et 7. — Ces deux usines sont solidaires et forment un ensemble d'environ 160 ch ; l'usine n° 6 fournit un supplément d'énergie à l'usine n° 7.

8. — Cette usine utilise environ 130 ch pour l'éclairage de Mauléon.

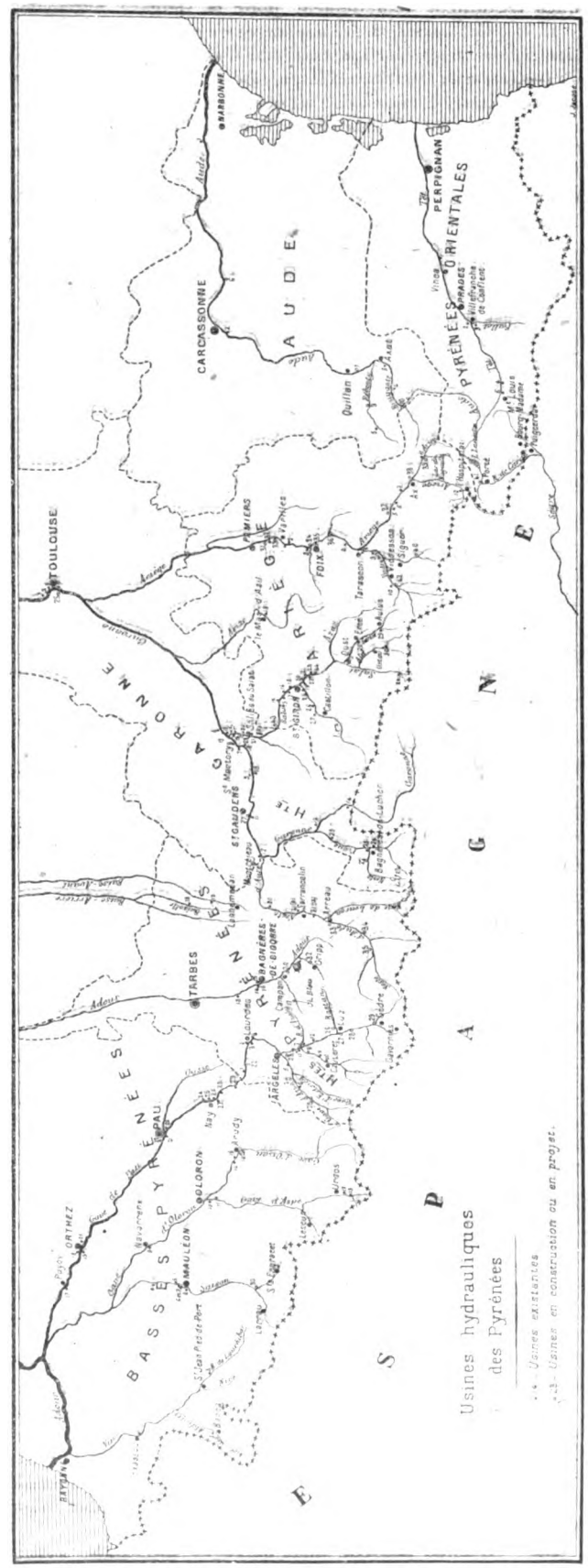
9. — Chute très ancienne (xv^e siècle). — Très imparfaitement utilisée. — Le volume indiqué correspond aux basses eaux du Gave.

10. — Les nombres donnés ne sont qu'approximatifs.

11. — L'usine hydraulique de Soiex est installée dans les bâtiments des anciennes Forges et Tréfileries de cette localité, à 4 km en amont d'Oloron, sur la rive droite du Gave d'Aspe. Le canal d'amenée a 1 km de longueur environ ; son débit est réglé par des vannes métalliques. — Les volumes indiqués ne sont qu'approximatifs, et le Service des grandes forces hydrauliques n'a encore rien publié sur le Gave d'Aspe au voisinage de Soeix. Le débit de 6 000 litres paraît être voisin de l'étiage, et celui de 8 000 serait égal, ou peut-être inférieur, aux eaux moyennes,

L'usine de Soeix possède une seule turbine actionnant 2 alternateurs triphasés de 150 kw chacun, pouvant marcher indépendamment ou être couplés en parallèle, et fournissant du courant à 5 200 v et 50 périodes. Elle dessert, en éclairage et force motrice, un certain nombre de communes à l'entrée desquelles le courant est ramené à 190 ou 110 v, en particulier Oloron, où sont mises en mouvement des fabriques de couvertures, de sandales, des tanneries, scieries, boulangeries, etc. La plupart de ces fabri-

(1) M. J. de Soucy a publié récemment, dans la *R. G. E.* (31 mars 1917, p. 495) une étude fort intéressante et très détaillée sur les Usines de la Société Hydro-électrique des Basses-Pyrénées.



La « Houille blanche » dans les Pyrénées.

Digitized by Google

ques travaillent actuellement pour la Défense nationale.

12. — Cette chute a été aménagée en vue de la construction du chemin de fer international d'Oloron à Jaca (section de Bedous à la frontière d'Espagne) et, en particulier, pour fournir l'énergie nécessaire au percement du souterrain hélicoïdal situé entre Urdos et les Forges d'Abel. — La hauteur indiquée (170 m) est celle de la *chute nette ;* la chute brute est de 180 m. Une seule turbine, de 255 ch, actionne 1 compresseur, 1 ventilateur et 3 dynamos génératrices qui fournissent du courant continu pour l'exploitation des carrières, la perforation des souterrains, la traction électrique et l'éclairage ; le courant est à 500 v.

Actuellement, par suite du ralentissement des travaux, l'usine est transformée en usine de guerre. — Elle recevra, sans doute, une utilisation nouvelle après l'achèvement du chemin de fer.

13. — Cette usine a été également créée pour la construction du chemin de fer de Bedous à la frontière d'Espagne et, plus spécialement, pour la percée du tunnel du Somport (actuellement terminé) et de quelques autres souterrains; une partie de l'énergie est employée pour la traction des trains de chantier et pour le fonctionnement de l'usine d'Eygun qui travaille pour la guerre. Elle est située à l'entrée même du tunnel du Somport, au lieu dit « Les Forges d'Abel », où se trouvaient jadis des forges catalanes, disparues depuis une cinquantaine d'années (il y aurait, paraît-il, du minerai de fer dans les environs) et où se réunissent le gave d'Aspe et le ruisseau d'Espelunguère. La force motrice est empruntée à la fois à ces deux cours d'eau.

Le barrage d'Anglus, sur le gave d'Aspe, permet de réaliser, en amont de l'usine, une réserve d'environ 75 000 m³. Une disposition analogue est adoptée sur le ruisseau d'Espelunguère; de plus, ce ruisseau est régularisé par le lac d'Estaëns, situé en Espagne, qui permet de réaliser une réserve importante qui doit être d'environ 5 millions de mètres cubes.

Les données numériques indiquées dans le tableau ci-dessus correspondent à la seule chute du gave d'Aspe; l'ensemble des deux chutes peut fournir une puissance réalisable d'environ 2 000 ch.

Cette importante usine recevra, vraisemblablement, une nouvelle affectation après l'achèvement des travaux du chemin de fer.

14. — Le canal d'amenée, d'une longueur de près de 3 km, débite une moyenne de 4 000 litres. Sur son parcours, trois chutes successives sont aménagées : la première, de 1 m de hauteur, actionne des pompes ; la seconde, de 4 m environ, agit sur une turbine à axe vertical qui envoie sa force, sous forme de courant triphasé, dans une carrière de marbre ; la troisième, d'une hauteur de 4,50 m, fait mouvoir une turbine de 150 ch; cette troisième chute peut, au gré des industriels, être portée à 6,50 m et donner alors 250 ch.

L'énergie obtenue est utilisée pour l'exploitation des carrières de marbre d'Arudy et pour la taille de cette pierre (marbres d'Arudy, des Pyrénées en général et d'Espagne).

15. — Cette usine avait été reprise, il y a une dizaine d'années, par un industriel turc en vue de la taille du rubis et de la fabrication des bijoux ordinaires. Elle est de nouveau fermée depuis le début des hostilités. — Les nombres donnés dans le tableau ne sont qu'approximatifs et, sans doute, un peu trop élevés, en particulier le débit ; la puissance installée est, très probablement, notablement inférieure à la puissance réalisable.

16. — L'usine possède deux barrages successifs, ayant chacun une chute de 10 m. Le volume des eaux motrices est assez variable ; les industriels l'évaluent à 5 000 litres pendant huit mois de l'année ; pendant deux périodes, vers septembre et vers février, le volume s'abaisse jusqu'à 3 000 litres environ (le Service des grandes forces hydrauliques n'a rien publié sur le gave d'Ossau). Les turbines, de 300 ch chacune, actionnent une génératrice à courant continu de 500 v et des alternateurs qui fournissent du triphasé à 3 000 v et 50 périodes.

L'usine d'aval, actuellement en chômage, était récemment encore utilisée pour la préparation de l'hydrogène et de l'oxygène par électrolyse de l'eau et ces gaz servaient à la fabrication de gemmes artificielles (rubis).

La force motrice de l'usine d'amont est utilisée en partie sur place pour faire de l'estampage de métaux et divers petits objets; une autre partie sert à actionner le matériel d'exploitation de deux carrières de marbre, à la taille de cette pierre et comme force motrice dans une pelleterie.

17. — La « Société des Eaux et éclairage électrique de Salies-de-Béarn », dont l'usine est à Puyôo, transforme en force motrice 310 ch de sa puissance et 70 ch en éclairage. La ligne primaire, de Puyôo à Salies, est à 2 500 v (longueur 7 km) ; la force motrice est distribuée, à Puyôo, en triphasé 2 500 v et 220 v; la force et la lumière, à Salies, en monophasé 110 v.

18. et 19. — Le débit de 14 000 litres est celui qui est adopté par les industriels comme débit d'étiage; ce nombre paraît être un peu élevé.

20. — L'usine hydro-électrique d'Orthez est complètement aménagée, les turbines et les appareils électriques sont installés et prêts à fonctionner, mais elle n'a pas encore été mise en marche par suite d'une importante avarie survenue au barrage de retenue. Deux turbines de 560 ch peuvent débiter chacune 9 000 litres. En temps d'étiage, le débit du Gave descendant parfois jusqu'à 12 000 litres, on ne pourrait guère compter sur une puissance supérieure à 700 ch. Entre l'usine et Orthez (2 km) est établie une ligne de transport à 6 000 v. — Cette installation est destinée à éclairer Orthez et à fournir du courant aux industriels de cette ville.

21, 22 et 23. — Les usines Heïd et Cie, à Pau (n° 21), sont d'origine très ancienne (anciens moulins du domaine royal, vendus comme biens nationaux en 1796). Elles sont mises en jeu par les eaux du Gave de Pau (prise d'eau à Bizanos) et du ruisseau de l'Ousse (prise d'eau au droit de la gare de Pau). Volume d'eau concédé sur le Gave : 6 000 litres ; on utilise, en outre, un volume d'eau de l'Ousse variable suivant le débit de ce ruisseau. — Cette canalisation dessert trois groupes d'usines :

1° Usines de Bizanos, en amont de l'Ousse, louées à la « Société électrique des Pyrénées » ;

2° Usines de Pau, en aval de la prise d'eau sur l'Ousse ;

3° Usines de Billère, en aval des usines de Pau, louées à la « Société électrique des Pyrénées ».

La « Société électrique des Pyrénées » possède, en outre, une usine thermique à vapeur d'environ 700 ch, à Bizanos.

24 et 25. — Je n'ai pu me renseigner d'une façon plus complète sur ces deux usines.

26 et 27. — La « Société électrique des Pyrénées » envoie du courant sous 3 000 v, dans quinze localités, avec 30 km de canalisation.

28. — La prise d'eau est située au pont de Coarraze : le canal d'amenée permet un débit de 5 000 litres, même en temps de basses eaux; ce volume pourrait être aisément porté à 6 000 litres. L'usine n'utilise actuellement qu'une fraction de la puissance disponible ; l'excédent de force motrice pourrait, sans doute, être facilement réalisé.

Digitized by Google

29. — La papeterie de Montaut est actionnée par trois turbines d'une puissance totale de 250 ch alimentées par un canal ayant un débit constant de 5 000 litres. Cette force est utilisée pour la fabrication du papier et la production de l'électricité destinée à l'éclairage du village de Montaut et de l'hôpital militaire de Bétharram.

30. — L'usine de Licq-Athérey est, en grande partie, construite et serait certainement terminée sans la guerre ; elle est située au confluent des Gaves Uhaïtça et de Larrau, dont la réunion forme le Saison. Le premier de ces cours d'eau alimentera seul l'usine. La prise d'eau se fera à Sainte-Engrâce, au moyen d'un barrage de grande épaisseur barrant la vallée étroite et profonde du Gave Uhaïtça.

L'énergie électrique servira principalement à la traction : chemins de fer basques de Bayonne à Hendaye et à Biarritz, de Saint-Jean-de-Luz à Peyrehorade, de Saint-Palais à Saint-Jean-Pied-de-Port, crémaillère de la Rhune.

Il semble que, par sa situation géographique au confluent de deux cours d'eau dont un seul est encore utilisé, cette usine soit destinée à prendre, ultérieurement, un développement plus considérable par la captation du Gave de Larrau (1).

Du tableau précédent il résulte que, dans le département des Basses-Pyrénées, les usines d'une puissance égale ou supérieure à 100 ch absorbent :

Puissance	brute.....	15 000 ch environ
—	réalisable.....	12 000 —
—	installée.....	13 000 —

en tenant compte approximativement, pour l'évaluation de cette dernière, des usines nos 15 et 24.

Le nombre des usines de moins de 100 ch y est très considérable, environ 1 500. Leurs utilisations les plus fréquentes sont : moulins à farine et scieries à bois.

Nous ne trouvons, dans ce département, que peu de grandes installations ; il paraît cependant possible d'en réaliser, en particulier dans les vallées voisines des Hautes-Pyrénées, telles que celles du Gave d'Ossau et de ses affluents à l'origine desquelles se trouvent des lacs que l'on pourrait aménager en réservoirs. Tels seraient le Soussouéou avec le Lac d'Artouste et, dans la vallée d'Aspe, la chute de Lescun, qui doivent faire l'un et l'autre, dit-on, l'objet d'études de la part de la Compagnie des Chemins de fer du Midi.

II. — Département des Hautes-Pyrénées (2).

1. — Éclairage public et privé de la ville de Saint-Pé (25 ch) et éclairage des Grottes de Bétharram.

2. — Courant diphasé, 3 250 v, 50 périodes ; destiné à la traction du funiculaire, ainsi qu'à l'éclairage public et privé et à la distribution de force motrice dans la ville de Lourdes.

La Compagnie possède, en outre, un supplément de 400 ch produits par machine à vapeur.

3. — Éclairage privé, force motrice, séchage, repassage, etc.

4. — Aucun renseignement complémentaire.

5. — Prise d'eau au-dessous du confluent des Gaves d'Azun et d'Estaing. Canal d'amenée d'environ 500 m, en souterrain. Le débit de 4 000 litres est compris entre celui d'étiage (2 000 à 2 500 litres) et le débit moyen (6 000 à 7 000 litres) ; il doit être réalisé pendant dix mois environ. Il n'est donc pas possible d'obtenir régulièrement la totalité de la puissance installée ; la puissance réalisable lors des basses eaux devant être voisine de 500 ch. — Le courant produit est distribué, avec l'aide de l'usine de Montgaillard et au moyen de près de 200 km de canalisation, dans 28 communes, entre autres Tarbes, Argelès, Pontacq, etc. Ce courant, triphasé, 50 périodes, est obtenu à l'usine d'Arras sous la tension de 20 000 v, puis abaissé à 10 000 v, qui est la tension du courant de Montgaillard.

Cette usine, créée vers 1910, avait jadis appartenu à Lemoine qui se proposait de la faire servir à l'organisation d'un service de tramways à Tarbes, ainsi qu'à l'éclairage de cette ville et de quelques autres.

6. — L'usine d'Arrens, normalement affectée à la préparation mécanique des minerais de zinc, est actuellement en chômage. La prise d'eau a lieu au pont de Peyrariose. — La hauteur de chute sera vraisemblablemet portée à 75 m, ce qui permettrait d'obtenir près de 2 000 ch avec lesquels on ferait l'électrométallurgie du zinc.

7. — Le nombre 535, indiqué dans le tableau, représente la *chute nette ;* la chute brute est de 550 m. Quant au débit utilisé, il est très variable en raison des irrégularités du ruisseau d'Izaby ; 890 litres est une valeur moyenne ; en réalité, il oscille entre 350 litres et 1 000 litres, ce dernier étant le débit maximum possible d'après la capacité des ouvrages ; il en résulte que la puissance réalisable peut s'abaisser jusqu'à moins de 2 000 ch. — L'énergie produite par l'usine de Villelongue est transportée à Pierrefitte (2 km) où se trouve l'usine électrochimique d'utilisation, qui possède six fours électriques pour la fabrication du silicomanganèse ; cette énergie n'est pas toujours suffisante pour assurer le fonctionnement simultané des six fours. Le ruisseau d'Izaby pourrait, sans doute, fournir un service plus régulier par l'aménagement du petit lac du même nom (à 1 572 m).

Le débit maximum possible correspond sensiblement à la mise en marche de toute la puissance installée.

8. — Cette usine appartenait, il y a peu de temps, à la Société des Mines de Pierrefitte qui y produisait de l'énergie électrique destinée à ses services. Elle a été acquise par la Compagnie du Midi, dans le but de s'assurer le droit de dérivation de la presque totalité des eaux du Gave de Cauterets qui lui étaient nécessaires pour le fonctionnement de son usine de Soulom.

9. — Traction du chemin de fer P. C. L. entre Pierrefitte et Cauterets. — Courant continu à 650 v.

10. — Éclairage de Cauterets. — La Société possède, en outre, un Diesel de secours de 300 ch et une machine à vapeur de 200 ch.

11. — L'usine de Soulom, la plus puissante des usines pyrénéennes entièrement construites, a été édifiée par la Compagnie des Chemins de fer du Midi, sous la haute direction de M. l'ingénieur principal Eydoux ; elle est destinée à la traction électrique sur certaines lignes de ce réseau.

Elle est constituée, en réalité, par deux usines juxtaposées : l'une qui est alimentée par le Gave de Cauterets, l'autre par celui de Pau (appelé aussi Gave de Gavarnie, en amont de son confluent avec celui de Cauterets). L'eau est prise, dans le Gave de Cauterets, à la hauteur de l'usine de Calypso et aboutit à un réservoir de mise en charge de 22 000 m³. Dans le Gave de Pau, l'eau est dérivée immédiatement après l'usine du Pont-de-la-Reine ; elle vient s'accumuler dans une chambre de 2 000 m³.

Les débits indiqués sont les débits minimum utilisables ; les chutes sont des *chutes nettes*. Chaque chute alimente, au moyen de trois conduites forcées indépendantes, trois groupes électrogènes de 2 400 kw.

Ces puissances installées ne peuvent être réalisées que

(1) M. J. de Soucy indique, dans l'article cité ci-dessus, que l'usine de Licq-Athérey a dû commencer à fonctionner en mars 1917.

(2) Voir le tableau des pages 778 et 779.

Digitized by Google

temporairement, grâce aux réserves ; ce sont des *puissances instantanées*. Les conduites de Cauterets peuvent, en effet, débiter chacune 1 200 l : sec, ce qui permet de disposer, à l'entrée de chaque turbine, d'une puissance de 4000 ch, soit 12 000 ch pour les trois turbines ; les conduites de Pau débitent jusqu'à 3 200 litres, soit 4 830 ch à l'entrée des turbines et 14 500 pour trois de ces appareils. Cela donne, en tout, comme *puissance instantanée* de l'usine, aux bornes des alternateurs environ 20 000 ch. — Le courant produit à 6 000 v par ces alternateurs, est immédiatement transformé à 60 000 et envoyé, sous cette tension, dans deux lignes de conducteurs en câbles d'aluminium qui distribuent le courant aux sous-stations de transformation. Ces sous-stations abaissent la tension à 12 000 v, sous laquelle le courant est directement utilisé par les locomotives électriques.

L'usine de Soulom fournit aussi de l'énergie à sa voisine la « Société norvégienne de l'Azote » (4 groupes de 2 400 kw), ainsi qu'aux tramways de la Bigorre.

TABLEAU II. — *Département des Hautes-Pyrénées.*

N° D'ORDRE	COURS D'EAU	COMMUNES ET NOMS DES USINES	PROPRIÉTAIRES, LOCATAIRES OU EXPLOITANTS	VOLUMES DES EAUX MOTRICES PAR SECONDE	HAUTEURS DE CHUTE	PUISSANCES brutes	PUISSANCES realisables	PUISSANCES installée	PRODUCTION DE L'USINE
				litres	metres	chevaux	chevaux	chevaux	
1	Gave de Pau.	St-Pé-de-Bigorre	L. Ross.	8 000	3,50	370	280	200	Energie électr.
2	Id.	Lourdes (Vizens)	La Cie du Funiculaire du Grand-Jer, à Lourdes.	7 000	2,80	260	200	200	Energie électr.
3	Id.	Lourdes.	La ville de Lourdes	7 000	3	280	210	210	Energie électr.
4	Id.	Lourdes.	Dozons-Montier.	5 000	2,50	165	125	125	Menuiserie mécanique.
5	Gave d'Azun.	Arras.	Secteur d'énergie électrique (L. Chauvot.)	4 000	23	1 225	920	900	Energie électr.
6	Gave d'Azun.	Arrens.	Mines d'Arrens.	2 500	21	700	525	450	Préparation mécanique des minerais de zinc.
7	Ruisseau d'Izaby.	Villelongue.	Soc. des Usines hydro-électr. des Hautes-Pyrénées, propriétaire ; Soc. du silico-manganèse, à Pierrefitte, locataire.	890	535	6 350	4 760	5 600	Fabrication électrochimique du silico-manganèse.
8	Gave de Cauterets.	Cauterets.	La Cie des chemins de fer du Midi.	1 200	21	335	250	235	Actuellement sans affectation.
9	Gave de Cauterets.	Cauterets (usine de Calypso).	La Cie des chemins de fer élec. P.C.L.	2 000	68	1 810	1 360	1 100	Energie électr.
10	Gave de Cauterets.	Cauterets.	Soc. d'éclairage et de chauffage de Cauterets.	2 chutes : 1 800	6	145	110	100	Energie électr.
				3 500	6	280	210	200	
11	Gaves de Gavarnie (ou de Pau) et de Cauterets.	Soulom.	La Compagnie des chemins de fer du Midi, concessionnaire.	chute de Cauterets 1 500	250	5 000	3 750	10 000	Energie électr.
				chute de Pau 4 400	113,20	6 640	5 000	10 000	
12	Gave de Gavarnie.	Saligos (usine du Pont de la Reine)	La Cie des chemins de fer élec. P.C.L.	6 000	16,80	1 340	1 000	800	Energie électr.
13	Adour.	Montgaillard.	Secteur d'énergie élec. (L. Chauvot)	6 000	6,50	520	390	450	Energie électr.
14	Anou et Capagaou (canal de l')	Bagnères-de-Bigorre.	D. Soulé.	1 200	1,80	29	21	100	Appareillage électrique ; matériel roulant et appareils de photographie.
				1 200	3,90	62	47		
15	Adour.	Baguères-de-Bigorre.	Latécoère.	3 000	5	200	150	100	Construction de wagons et ateliers de menuiserie.
				3 000	3	120	90		
16	Adour.	Bagnères-de-Bigorre.	Soc. industrielle des Pyrénées (ancienne marbrerie Jéruzet).	1 200	1,15	135	100	160	Marbrerie.
				800	5,50				
				800	5,50				
17	Ruisseau du Lhécou.	Bagnères-de-Bigorre (usine du Chiroulet).	Société des Forces motrices du Lac Bleu.	330	326	995	745	1 000	Energie électr.
18	Baïsolle.	Campuzan.	Bernichon, frères.				170	170	Briqueterie.
19	Baïse-Devant.	Galez.	J. Lassus.				230	220	Scierie à bois et décorticage de trèfle.
20	Neste d'Aure.	Hèches.	Soc. anonyme des usines de Ste-Marie et Gravigny.	7 500	10	1 000	750	1 530	Fonte aciérée.
21	Neste d'Aure.	Beyrède-Jumet.	Soc. d'aluminium du Sud-Ouest.	12 000	47	7 520	5 640	10 000	Energie électr.
			TOTAUX.....			35 481	27 033	43 930	

Digitized by Google

TABLEAU II. — *Département des Hautes-Pyrénées.* (Suite.)

Nos D'ORDRE	COURS D'EAU	COMMUNES ET NOMS DES USINES	PROPRIÉTAIRES, LOCATAIRES OU EXPLOITANTS	VOLUMES DES EAUX MOTRICES PAR SECONDE	HAUTEURS DE CHUTE	PUISSANCES brutes	PUISSANCES réalisables	PUISSANCES installées	PRODUCTION DE L'USINE
			Usines en construction ou en projet.						
				litres	mètres	chevaux	chevaux	chevaux	
22	Gave de Pau.	Peyrouse.	La Cie des Tramways urbains de Lourdes.				1 200		Energie électr.
23	Gave d'Azun.	Argelès.	Barus, Guiter et Cie.		190		10 000		?
24	Id.	Bun.	L. Chauvot.	4 000	150	8 000	6 000		?
25	Id.	Arrens (Peyrariose).	Frossard et Gassan.		175		4 500		Electrométallurgie du zinc.
26	Le Bastan.	Esterre.	Société du silicomanganèse, à Pierrefitte.				3 000		Energie électr.
27	Gave de Gavarnie	Luz.	La ville de Luz.				225		Energie électr.
28	Gaves de Gavarnie et de Cestrède.	Luz.	Syndicat de la vallée de Barèges, propriétaire.				10 000		Energie électr.
29	Gaves de Gavarnie et de Héas.	Gèdre.	Soc. norvégienne de l'azote, concessionnaire.				7 000		Energie électr.
30	Adour de Gripp.	Campan (Tressouet).	Médebielle.				2 000		Energie électr.
31	Adour de Gripp.	Gripp.	Médebielle.	2 000	158	4 000	3 000		Energie électr.
32	Adour des Garets	Gripp.	Id.	450	831	5 000	4 000		Energie électr.
33	Neste d'Aure.	Arreau.	Lenoir.	6 000	115	9 200	7 000		Electrochim. et électrométallur.
34	Neste d'Aure.	Saint-Lary.	Bertrand.				11 250		Electrochim. et électrométallur.
35	Ruisseau de l'Oule.	Aragnouet (Eget)	La Cie des chemins de fer du Midi, concessionnaire.	1 600 (hiver) à 2 050 (été)	710	15 150 à 19 400	11 350 à 14 550	35 000	Energie électr.
			TOTAL.....				80 525 à 83 725		

Pour de plus amples renseignements sur cette très importante et très intéressante usine, consulter la « note sur les Usines hydro-électriques de la Compagnie du Midi », publiée par MM. Camichel, Eydoux et Lhériaud, dans le tome II du deuxième Congrès de la Houille blanche de 1914 et dans la R. G. E., 24 février 1917, tom I, p 287.

12. — Fonctionnement du chemin de fer P.C.L. entre Pierrefitte et Luz. — Courant continu à 600 v.

13. — Le débit de 6 000 litres paraît un peu fort et sensiblement supérieur à celui d'étiage qui doit être d'environ 3 500 litres. Le courant produit est à 10 000 v; il sert, en liaison avec celui d'Arras, à pourvoir en éclairage et en énergie les localités déjà citées à propos de l'usine n° 5, en particulier l'arsenal de Tarbes.

L'usine de Montgaillard emprunte un supplément d'énergie à la Société des forces motrices du Lac Bleu et à une machine à vapeur de 300 ch.

14. — Une partie de l'énergie est fournie par le Lac Bleu. L'usine possède, en outre, un moteur thermique de 100 ch alimenté par les déchets de fabrication. Elle travaille actuellement pour l'armée.

15. — Les volumes d'eaux motrices indiqués sont certainement trop élevés; ils représentent bien le débit d'étiage de l'Adour, mais, en amont de Bagnères, ce cours d'eau alimente deux dérivations, l'Adourette et le Capagaou qui lui prennent chacune environ le tiers de son eau. Aussi, malgré les apparences, la puissance hydraulique est-elle insuffisante, et l'usine doit avoir recours à une machine à vapeur de 80 ch de renfort, alimentée par les résidus de bois.

16. — La puissance installée n'est entièrement réalisable que lorsque le débit de l'Adour est sensiblement supérieur à celui d'étiage. Cette usine s'occupe du travail du marbre et, plus particulièrement, de la fabrication des objets artistiques. Elle travaille actuellement pour l'armée.

17. — Les eaux qui alimentent cette usine proviennent de griffons qui jaillissent de la montagne de Bizourtère, sur laquelle se trouve le Lac Bleu; leur débit est très variable (160 à 440 litres). L'usine possède deux groupes de 500 ch donnant du triphasé à 20 000 v distribué, par 35 km de lignes primaires, jusqu'à des lignes secondaires où la tension est de 5 000 et 220 v et dont la longueur est de 10 km. La Société du Lac Bleu alimente en éclairage cinq ou six communes; de plus, elle fournit de l'énergie à un certain nombre d'industriels de Bagnères et à la Société Bagnéraise d'éclairage, ainsi qu'au secteur d'énergie électrique de Montgaillard. Elle projette l'installation d'un supplément de puissance de 1 000 ch par la captation des eaux qui proviennent du Lac de Peyralade et du ruisseau de l'Ardalos.

Les 1 000 ch actuellement installés sont rarement utilisés par suite de la pénurie des eaux.

18. — N'utilise actuellement que 25 ch environ. Il reste donc disponible une puissance d'environ 145 ch, qui est réduite dans de notables proportions au moment du bas étiage.

19. — Usine en chômage depuis le début de la guerre.

20. — Cette usine, jadis forge catalane, puis papeterie, est actuellement en voie de réinstallation pour la fabrication, au four électrique, de la « fonte synthétique aciérée »

Digitized by Google

en partant de tournures d'acier doux que les usines à projectiles fournissent en grandes quantités. L'installation comprendra : deux turbines à axe horizontal de 765 ch ; deux alternateurs triphasés de 500 kw, à 5 000 v, directement accouplés aux turbines ; un groupe transformateur de 1 300 kv-a donnant du courant biphasé à 110 v et un four électrique de 1 000 kw.

Le volume de 7500 litres est celui qui est absorbé par chaque turbine ; il correspond sensiblement au débit d'étiage de la Neste. Toutefois, il faut remarquer que, à cause du canal de dérivation de Sarrancolin, le débit de la rivière peut s'abaisser à 4 000 litres lors des basses eaux, ce qui serait manifestement insuffisant pour actionner même une seule turbine. Pour marcher à pleine puissance, l'usine devra disposer d'environ 15 000 litres, ce qui paraît être réalisable pendant environ six mois.

21. — La prise d'eau est à Arreau, à 600 m en aval de la gare. Le canal d'amenée est en souterrain sur toute sa longueur, sauf sur 500 m environ, à l'origine. Le débit peut varier depuis 8 000 litres (à l'étiage) jusqu'à 20 000 litres (débit maximum possible d'après la capacité des ouvrages) ; il en résulte que la puissance brute est comprise entre 5 000 et 12 500 ch et la puissance réalisable entre 3750 et 9500 ch. — La hauteur indiquée (47 m) est celle de la *chute nette* ; la chute brute est de 57,50 m.

L'usine de Beyrède-Jumet fournit du courant à deux usines électrochimiques importantes, situées à peu de distance :

1° Celle de l'« Union financière des Forces hydrauliques », qui lui est adjacente et qui fabrique du *chlorate de soude* ; elle absorbe 5 000 ch. Cette usine, de création récente, commençait à fabriquer, avant la guerre, du silico-manganèse pour la « Société financière du Louron », fondée par M. Lenoir ;

2° Celle de la « Société française l'Aloxite », à Sarrancolin, qui fabrique, au four électrique, un abrasif, *l'aloxite*. Sa puissance est d'environ 4 000 ch.

22. — Aucune autre indication.

23. — Les eaux seront prises à la sortie de l'usine Chauvot (n° 5), au pont d'Arras, et conduites sur le plateau d'Ancizans-Avant, jusqu'en face du village de Lau, près Argelès. Le canal, en tunnel, aura 3 km ; la chute sera de 90 m. On espère obtenir 10 000 ch. — Les travaux commenceront, sans doute, prochainement.

24. — Ce projet prendrait les eaux du Gave d'Azun en dessous d'Arrens, pour les rendre au confluent des Gaves d'Azun et d'Estaing (devant le barrage de l'usine n° 5). Une chute de 150 m semble realisable ce qui, avec le débit moyen du Gave dans cette région (environ 4 000 litres), donnerait une puissance de 6 000 ch.

25. — La chute est concédée ; le barrage sera situé au pont de Tech et le canal de fuite aboutira devant le pont de Peyrariose. La puissance escomptée serait de 2000 à 6 000 ch, selon le débit de la rivière ; elle sera transportée à Lau, près Argelès, pour y servir à l'électrométallurgie du zinc. — Les travaux vont commencer prochainement.

26. — L'énergie sera envoyée, comme renfort, à l'usine de Pierrefitte.

27. — Destinée à distribuer à la ville de Luz de l'éclairage et de la force motrice.

28 et 29. — La presque totalité du courant produit par ces deux usines sera transportée, en vue de la fabrication de l'acide azotique synthétique, dans celle de la Société norvégienne de l'azote, à Soulom, laquelle fonctionne actuellement grâce à la Compagnie du Midi (v. usine n° 11). — Une faible partie (25 ch) de l'énergie des usines de Luz et de Gèdre sera fournie au Syndicat de la vallée de Barèges pour y être employée à l'éclairage des communes constituant ce syndicat.

30. — Les études relatives à ce projet paraissent être encore peu avancées et sa réalisation en est probablement assez lointaine.

31. — Le débit et les puissances indiquées dans le tableau correspondant à des eaux moyennes ; à l'étiage, on ne disposera guère que de 750 litres, soit 1 600 ch bruts ou 1 200 utilisables. Cette énergie servira, sans doute, à fabriquer des produits électrométallurgiques.

32. — Cette chute sera régularisée par les lacs de Caderolles. La future usine comprendra 5 unités de 1 000 ch qui serviront, vraisemblablement, à réaliser un transport de force sur Tarbes.

33. — Dans ce projet, le canal d'alimentation de l'usine aurait son origine à Saint-Lary. Le volume indiqué (6 000 litres) est le débit concédé ; il est supérieur au débit d'étiage de la Neste, à Saint-Lary, lequel ne doit pas dépasser 3 500 à 4 000 litres. La chute de 115 mètres a été calculée d'après la différence des altitudes entre Saint-Lary (825 m) et Arreau (698 m) et en tenant compte de l'inclinaison du canal d'amenée (à raison de 1 mm : m).

34. — L'eau destinée à cette usine serait prise à l'aval du canal de fuite de l'usine de la Compagnie du Midi, à Eget.

35. — Cette usine, actuellement en construction, serait sans doute terminée sans la guerre qui est venue, sinon en interrompre, du moins en ralentir considérablement les travaux. Il s'agit encore ici d'une usine de très grande puissance qui sera, comme celle de Soulom, l'une des plus importantes des Pyrénées. Le barrage est à moitié construit ; le canal d'amenée et la chambre d'eau sont terminés ; mais l'installation des conduites forcées et la construction des bâtiments de l'usine sont à peine ébauchées et ont été suspendues.

Les eaux proviendront d'un réservoir artificiel, de 6 500 000 m^3, créé dans la vallée de l'Oule (affluent de la Neste de Couplan), à l'altitude de 1 800 m, en fermant cette vallée au moyen d'un barrage. Une partie des eaux du lac d'Orédon (1 850 m) sera également conduite dans le canal d'amenée qui va du barrage à la chambre d'eau. Ce canal, entièrement souterrain, aura 5,500 km de longueur et pourra débiter 4800 litres à la seconde ; il aboutira à un réservoir de 3 000 m^3 de capacité.

La hauteur indiquée dans le tableau (710 m) représente la *chute nette ;* la chute brute est de 736,50 m.

L'usine, située près du hameau d'Eget, sur la Neste d'Aure, comprendra sept groupes électrogènes, dont un de secours, de 5 000 ch chacun, donnant du courant alternatif monophasé à 6 000 v, que des transformateurs élèveront à 60 000 v.

La présence des lacs et du réservoir de 3 000 m^3 attenant à la chambre de mise en charge permettra de réaliser des *puissances instantanées* de 30 000 ch, c'est-à-dire d'actionner simultanément 6 groupes électrogènes. La *puissance permanente* de l'usine ne dépassera pas 10 000 à 11 000 ch.

On trouvera des détails plus complets sur cette usine dans la « Note sur les usines hydrauliques de la Compagnie du Midi « de MM. Camichel, Eydoux et Lhériaud (2e Congrès de la houille blanche, 1914, t. II, et R. G. E., 24 février 1917, t. I, p. 287).

En résumé, nous trouvons que, dans le département des Hautes-Pyrénées, les installations actuellement réalisées absorbent :

Puissance brute.....	35 500 ch	environ
— réalisable.....	27 000	—
— installée.....	44 000	—

Digitized by Google

Les usines en installation ou en projet constitueront une puissance d'environ 82 000 ch.

A ces dernières, il convient d'ajouter certains projets qui seraient, assure-t-on, à l'étude, mais dont la réalisation est peut-être encore un peu éloignée. Il s'agirait de captations importantes, que voici :

1° Le Gave d'Azun, en amont de l'usine n° 6, entre Aste et Tech, avec utilisation des Lacs de Pouylant et de Miguelou. On obtiendrait 6 000 ch qui serviraient à renforcer l'usine n° 6.

2° Le Gave d'Estaing, depuis le lac de ce nom, jusqu'au confluent avec le Gave d'Azun. Ce cours d'eau paraît pouvoir donner, avec une chute d'au moins 500 m, une puissance d'environ 3 000 ch à l'étiage et 8 000 ch en eaux moyennes; sans compter le bénéfice que l'on recueillerait de l'aménagement du lac.

— La réalisation de ces deux projets constituerait, avec ce qui existe déjà ou est en voie de réalisation, une utilisation à peu près complète des Gaves d'Azun et d'Estaing.

3° La haute vallée de la Neste, en amont d'Eget, et ses affluents, en particulier le Rioumajou, d'où on pourra, sans doute, retirer quelque 10 000 ch qui seraient destinés à l'électrométallurgie (silico-manganèses et ferro-alliages divers).

4° La Neste de Louron, entre Génost et Arreau Puissance de 3 à 4 000 ch à l'étiage et de 8 à 9 000 en eaux moyennes; avec une chute d'environ 250 m.

5° La Neste de Louron, en amont de Loudenvielle, qui paraît pouvoir fournir à peu près 5 000 ch, destinés à des applications électrométallurgiques.

Ces deux derniers projets pourraient, vraisemblablement, utiliser l'effet régulateur du Lac de Caillaouas (quoique, cependant, ce dernier serve déjà à la régularisation de la Neste d'Aure), du Lac et du glacier des Gours Blancs.

Tous ces projets, s'ils se réalisent, fourniront une nouvelle puissance d'environ 30 000 ch. Cela ferait, en tout, comme puissance récupérable à échéance plus ou moins brève, plus de 110 000 ch.

Il y a lieu de remarquer le bel essor que prennent les industries de la houille blanche dans les Hautes-Pyrénées. On peut prévoir que, sous peu, toute la richesse hydraulique de ce département va être captée. Il ne restera guère que la haute vallée du Gave de Cauterets et de ses affluents, les Gaves de Lutour et de Jéret, avec le Lac de Gaube, qui sont certainement susceptibles de produire une richesse hydraulique importante. Mais ici des difficultés sont à prévoir, à cause des attractions naturelles de Cauterets, auxquelles il serait imprudent de toucher. Si l'on arrivait à les surmonter et à capter ces derniers cours d'eau, on peut estimer que le département des Hautes-Pyrénées produirait une puissance de près de 200 000 ch.

Ces 200 000 ch produiraient, dans l'année, 1 milliard de kilowatts-heure. Pour les obtenir avec de la houille noire, il faudrait brûler plus de 1 million de tonnes de ce combustible.

Il n'est pas besoin d'insister sur l'intérêt national qu'il y aurait à activer l'exécution de travaux qui nous mettraient en possession d'une pareille richesse.

III. — Département de la Haute-Garonne (1).

1. — Cette usine est située au Ramier-du-Bazacle, à Toulouse, elle est alimentée par le Canalet, canal de fuite d'une partie des eaux de l'usine du Bazacle.

2. — La force motrice est fournie par la chute de la Garonne provoquée par le barrage du Bazacle. Le canal d'amenée part du quai Saint-Pierre et le canal de fuite passe sous le Canalet. La chute moyenne est de 3,50 m. Deux turbines donnent ensemble 150 ch et actionnent deux dynamos génératrices de 60 kw chacune qui alimentent l'usine en force motrice (60 moteurs divers) et en éclairage.

3. — Le volume des eaux motrices varie depuis 30 m³ (à l'étiage), jusqu'à 100 m³, maximum que puisse absorber l'usine; 4 turbines à axe vertical, de 300 ch, actionnent par transmission autant de dynamos fournissant du courant continu à 240 v; 3 autres turbines, à axe vertical et de même puissance que les précédentes, entraînent chacune une dynamo montée sur le même axe et produisent aussi du continu à 240 v. Ce courant est utilisé, au moyen d'une distribution à 3 fils, pour l'éclairage de la ville de Toulouse.

L'usine du Bazacle possède, en outre, 3 alternateurs montés sur les axes d'autant de turbines à axe vertical, de 300 kv-a, donnant du courant à 500 v, que des transformateurs élèvent aussitôt à 13 000 v. Ce courant à 13 000 v est envoyé à des postes placés en divers points de la ville où il est changé en continu à 240 v.

Enfin, on trouve dans cette usine deux groupes convertisseurs permettant de transformer le triphasé à 13 000 v en continu à 240 et réciproquement.

Le triphasé à 13 000 v peut provenir, soit des alternateurs et transformateurs de l'usine, soit du réseau de la Société Pyrénéenne d'énergie électrique. Inversement, le Bazacle peut céder à la Pyrénéenne ses excédents d'énergie en envoyant sur les lignes secondaires de celle-ci (qui sont à 13 000 v) le courant de même voltage qui sort soit de ses transformateurs, soit de ses groupes convertisseurs.

4. — Cette chute qui fait mouvoir, actuellement, un certain nombre de moulins à farine, est appelée à disparaître prochainement. L'énergie sera fournie aux minoteries par l'usine projetée n° 26.

4 *bis*. — La papeterie du Ramier possède 4 turbines, de 100, 90, 70 et 50 ch; mais elles ne fonctionnent simultanément qu'aux hautes eaux. L'usine fabrique du papier d'impression et d'écriture (pour registres commerciaux, cahiers d'écoliers, papier à lettres, etc.); elle possède une machine à vapeur de secours de 75 ch.

5. — Une annexe de cette usine, située à Boussens, fabrique du chlore.

6. — La papeterie du Foulon, à Saint-Martory, fabrique spécialement du papier journal.

7. — Cette usine, la précédente et le canal de Saint-Martory prennent chacun environ le tiers du débit de la Garonne. Le même barrage sert pour ces deux usines et pour le canal.

8. — La chute d'Apas fait mouvoir 4 turbines, dont les puissances respectives sont de 300, 180, 180 et 100 ch, qui actionnent, outre la partie mécanique de l'usine, 2 génératrices de 85 ch chacune conduisant 7 moteurs différents (force et lumière). Lors des basses eaux, l'usine utilise une machine à vapeur de secours de 75 ch; on y fabrique du carton et de la pâte mécanique de bois.

9. — La Société du Foulon est locataire de cette papeterie qui appartient à Mme Ve Loubet.

10. — Deux canaux d'amenée : le canal n° 1 dessert 6 turbines dont les puissances respectives sont 125, 100, 25, 25, 18 et 12 ch; le canal n° 2 en alimente deux de 50 et 80 ch; soit, en tout, 435 ch. Les turbines de la chute n° 2 servent surtout comme appareils de secours pour celles de la chute n° 1.

Cette usine possède 2 machines à papier; on y fabrique du papier bulle mince.

(1) Voir le tableau de la page 782.

Digitized by Google

TABLEAU III. — *Département de la Haute-Garonne.*

Nos d'ordre	Cours d'eau	Communes et noms des usines	Propriétaires, locataires ou exploitants	Volumes des eaux motrices par seconde	Hauteurs de chute	Puissances brutes	Puissances réalisables	Puissances installées	Production de l'usine
				litres	mètres	chevaux	chevaux	chevaux	
1	Garonne.	Toulouse.	Soc. anonyme des forges et tréfileries de Toulouse.				120	120	Travail du fer.
2	Id.	Id.	Manufacture des Tabacs.	4 000	3,50	185	140	150	Fabrication des tabacs.
3	Id.	Toulouse (usine du Bazacle).	Soc. Toulousaine du Bazacle.	30 000 à 100 000	4	1 600 à 5 300	1 200 à 4 000	3 000	Energie électr.
4	Id.	Toulouse.	Moulins du Château Narbonnais.	43 000	2,40	1 375	1 000	400	Minoterie.
4bis	Id.	Toulouse. (Usine du Ramier du Château).	Sirven.	3 500 à 10 000	3	140 à 400	105 à 300	310	Papeterie.
5	Id.	Mancioux.	Cartier.	13 000	4,20	730	545	550	Carb. de calcium.
6	Id.	Saint-Martory. (Usine du Foulon).	Soc. anonyme de la Papeterie du Foulon.	8 000 à 10 000	3,50	370 à 465	300 à 350	250	Papeterie.
7	Id.	Saint-Martory.	Barthier, frères.	10 000	3,50	465	350	300	Papeterie.
8	Id.	Saint Martory. (Usine d'Apas).	Sirven.	4 000 à 15 000	5,50	290 à 1 100	220 à 825	760	Papeterie.
9	Id.	Labarthe-Inard.	Soc. anonyme de la Papeterie du Foulon.	4 000	3,40	180	136	125	Papeterie.
10	Id.	Id.	Lauvaux.	15 000	2,30	460	345	435	Papeterie.
11	Id.	Valentine.	Duffour.	3 500	2,80	130	100	100	Oxygène.
12	Id.	Ausson.	Soc. anonyme d'électricité de la Neste.	5 000	3,30	220	150	150	Energie électr.
13	Id.	Eup (usine de Caubous).	G. Sacase.	1 000	2,40	30	25		Scierie à bois.
				6 000	5,50	440	330	350	Energie électr.
14	Id.	Fos. (Plan d'Arem).	Société « Le Borocarbone ».	6 000	6,50	520	500	500	Produits abrasifs.
15	Salat.	Roquefort.		10 000	2,50	330	250	250	Energie électr.
16	Id.	Id.	Soc. des Papeteries Lacroix fils.	8 000 à 20 000	2,65	280 à 705	210 à 530	400	Energie électr.
17	Salat.	Cassagne.	Soc. des Papeteries Lacroix fils.	8 000 à	3	320 à	240 à	300	Papier à cigarettes.
18	Id.	Mazères. (Usine Nord.)	Soc. des Papeteries Lacroix fils.	20 000	3	800	600	150	Papier à cigarettes.
19	Id.	Mazères. (Usine Sud.)	Soc. des Papeteries Lacroix fils.	8 000 à 20 000	4,60	490 à 1 225	370 à 920	500	Papier à cigarettes.
20	Id.	Salies-du-Salat.	Boué.	15 000	2,10	420	315	130	Energie électr. et scierie à bois.
21	Id.	Id.	Compagnie des Salins-du-Midi.	8 000	11,50	1 225	920	790	Usine à sel.
22	Id.	Touille.	Lasvignes.	8 000	5,50	585	440	600	Faux, tôles, énergie électr.
23	Pique.	Guran	Moutet-Fortis.	2 500	8	265	200	200	Energie électr.
24	Id.	Bagnères-de-Luchon. (Usine des Rochers).	Société du zinc des Pyrénées.	2 500	9	300	225	200	?
25	One.	Bagnères-de-Luchon. (Usine de la Picadère).	Cie Luchonnaise d'éclairage.	1 500 à 2 500	100	2 000 à 3 300	1 500 à 2 500	2 850	Energie électr.
			TOTAUX.....			13 350 à 21 155	10 236 à 16 116	13 870	
			Usines en construction ou en projet.						
26	Garonne.	Toulouse.	La ville de Toulouse.	125 000 (au maximum)	3 à 3,25	5 000 environ	4 000 environ		Energie électr.
26bis	Garonne,	Saint-Gaudens.	Société L'Energie électrique des Pyrénées.	12 000	5	800	600		Energie électr.
27	Garonne.	Valentine.	Saint-Paul.	8 000	10	1 050	800		Energie électr.
28	Salat.	Mazères.	Soc. des Papeteries Lacroix fils.	8 000 à 20 000	2,65	280 à 705	210 à 530	500	Energie électr.
29	Neste d'Oo.	Bagnères-de-Luchon.	Soc. Pyrénéenne d'énergie électr.	1 000	800	10 500	8 000		Energie électr.
			TOTAUX.....			17 630 à 18 055	13 610 à 13 930		

Digitized by Google

11. — Préparation de l'oxygène par liquéfaction de l'air.

12. — Eclairage de 4 ou 5 communes, dont Saint-Gaudens et Montréjeau.

13. — L'usine de Caubous comprend, à côté d'une petite scierie un peu ancienne, une usine électrique de construction récente avec 2 turbines et 2 dynamos, de 150 et 200 ch. L'énergie électrique est utilisée :

1° Pour la mise en mouvement de l'outillage de la Société des carrières de marbre blanc et bleu de Saint-Béat;

2° Pour l'éclairage de la petite ville de Saint-Béat;

3° Par diverses petites industries.

— La chute de Caubous est de date fort ancienne (XVI[e] siècle).

14. — Aucune autre indication sur cette usine.

15. — Ancien moulin à plâtre. — Produit aujourd'hui de l'énergie électrique qui est envoyée à Mancioux (usine n° 5).

16. — Cette usine possède deux turbines de 200 ch et deux dynamos de 145 kw; elle produit de l'énergie électrique (courant continu 550 v) qui est transportée aux papeteries Lacroix, à Mazères. La chute peut prendre toutes les eaux du Salat; les volumes de 8 000 et de 20 000 litres, adoptés par la Société Lacroix comme représentant le débit d'étiage et le débit moyen, paraissent être au-dessous de la réalité.

17 et 18. — Ces deux usines sont situées en face l'une de l'autre, la première sur la rive droite, la seconde sur la rive gauche du Salat. Un même barrage et deux canaux d'amenée leur répartissent les eaux de la rivière qu'elles peuvent absorber en entier à elles deux; c'est pour cette raison que les puissances brute et réalisable ont été évaluées globalement dans le tableau.

Chacune de ces usines possède 4 turbines dont les puissances totales sont de 250 à 300 ch pour l'usine rive droite et de 150 ch pour l'usine rive gauche. Elles possèdent des suppléments de force à vapeur et électrique, cette dernière provenant de l'usine n° 16. — Chaque usine possède deux machines à papier.

19. — Cinq turbines produisant ensemble 450 à 500 ch. Machine à vapeur de renfort et supplément d'énergie électrique provenant de l'usine n° 16.

Deux machines à papier.

20. — Le volume de 15 000 litres correspond à un débit moyen; à l'étiage, il peut s'abaisser à 9 000, ce qui équivaut à 250 ch de puissance brute et 190 ch de puissance réalisable.

L'usine possède donc de la puissance disponible et pourrait s'accroître aisément d'une centaine de chevaux. Elle fournit de l'éclairage à Mazères et à Roquefort (turbine de 100 ch, alternateur de 50 kw, courant à 5 000 v).

La scierie, actionnée par une turbine de 30 ch, est en chômage depuis la guerre.

21. — L'usine des Salins-du-Midi est située sur la rive droite du Salat, en face la gare de Salies-du-Salat, entre les hameaux d'Espancaussés et du Bout-du-Pont. Elle est alimentée par un canal dont l'origine se trouve un peu en aval du village de Touille et qui est tracé suivant une corde d'une grande courbe de la rivière. Le volume de 8 000 litres est le débit minimum utilisable.

Le nombre des turbines est de sept: 5 de 150 ch affectées à des appareils d'évaporation, 1 de 35 aux machines électriques et 1 de 5 ch appartenant à la ville de Salies et utilisée, par celle-ci, pour son service d'eau. Cela fait, en tout, une puissance totale installée de 790 ch.

Les appareils d'évaporation d'eau salée, au nombre de cinq, sont à récupération de chaleur par compression de la vapeur.

La force motrice des cinq premières turbines est employée à cette compression.

Cette usine a fait, jadis, du carbure de calcium et du ferro-silicium.

22. — On fabrique à Touille des faux, faucilles et instruments aratoires; la partie mécanique est actionnée par 2 turbines de 75 et de 120 ch. L'usine possède, en outre, une station centrale électrique, comprenant 2 groupes électrogènes de 100 et 220 kw, pouvant marcher en parallèle, dont le courant est utilisé, sous forme d'éclairage et de force motrice, dans 18 communes. L'installation hydraulique actuelle ne permet pas d'utiliser toute la puissance installée de l'usine, en particulier de faire fonctionner simultanément les 2 groupes électrogènes; un projet d'augmentation du débit, par élargissement du canal d'amenée, permettra de réaliser une puissance de 1 000 ch.

23. — L'usine électrique de Guran est située à 800 m en aval du Pont-de-Guran. La chute nette est de 8 m; la chute brute de 11 m 50.

Le courant triphasé, produit par l'usine, est transporté par un réseau à 5 000 v, dans 28 communes de la Haute-Garonne et des Hautes-Pyrénées, où la tension est abaissée à 115 v par des transformateurs statiques; 80 ch sont utilisés pour l'éclairage et 120 pour la force motrice.

24. — L'usine des Rochers avait été équipée, avant la guerre, pour la fabrication électrothermique du zinc. Mais cette installation n'a jamais fonctionné, et l'usine paraît actuellement s'aménager en vue de nouvelles applications électrochimiques.

25. — L'eau est amenée par un tunnel dans le rocher de 1 500 m de longueur, puis par deux conduites forcées en acier de 280 m. — L'usine possède 5 turbines : 2 de 500 ch, 1 de 250, 1 de 600 et 1 de 1 000, directement accouplées avec des alternateurs triphasés, 3 000 v, 50 périodes. Elle éclaire la ville de Luchon et les vallées environnantes et elle fournit de la force motrice (500 ch) au chemin de fer de Superbagnères.

Elle va actionner très prochainement des fours électriques dans une usine de la région.

26. — Le débit de 125 000 litres sera un maximum. Cette usine, dont la construction est commencée, sera située en amont du pont Saint-Michel, en bordure d'un petit bras de la Garonne. L'énergie électrique qu'elle produira servira, en partie, pour l'éclairage public de la ville et surtout pour le refoulement des eaux d'alimentation, en remplacement de la machine à vapeur et de la force fournie par le Bazacle, que l'on utilise actuellement. Enfin, cette usine doit encore fournir la puissance nécessaire pour actionner les moulins du Château Narbonnais et permettre la suppression de la chute qui fait mouvoir ces derniers.

26 *bis*. — Cette usine est destinée à fournir de l'éclairage et de la force motrice dans la région de Saint-Gaudens.

27. — Ce projet utiliserait une ancienne chute de 2,70 m qui serait portée à 10 m, en deux chutes de 6 m et de 4 m, soit 800 ch en deux groupes. Elle distribuerait de la force motrice, soit à des particuliers, soit à des usines à créer et ferait, éventuellement, de l'éclairage. Le débit pourrait peut-être être porté à 16 000 litres, ce qui permettrait d'obtenir 1 600 ch.

28. — Cette usine, actuellement en construction, sera située à environ 1 km en amont de celle n° 19. Elle possédera deux turbines de 250 ch actionnant chacune une dynamo de 180 kw et 550 v. Elle servira, comme l'usine de Roquefort (n° 16) à procurer aux trois papeteries Lacroix (n[os] 17, 18 et 19) un supplément de force.

Digitized by Google

29. — La Société Pyrénéenne se propose de capter, dans la Vallée d'Oo, et en utilisant comme réservoir régulateur le lac de ce nom, de nouvelles chutes qui, en liaison avec l'usine de la Picadère (n° 25) dont la puissance serait augmentée, constitueront un ensemble des plus importants. Les travaux sont commencés. Ces deux usines réunies produiront annuellement 60 à 70 millions de kilowatts-heure, soit 8 000 kw (ou 11 000 ch) constants (pendant 8 000 heures); c'est environ le double de ce que produit Orlu (v. département de l'Ariège).

La Pyrénéenne projette, en outre, d'autres travaux importants dans les vallées du Lys et de la Pique. Toute la région autour de Luchon sera donc exploitée par cette Société.

L'ensemble des usines installées dans le département de la Haute-Garonne nous donne:

Puissance brute.....	17 000 ch environ.	
— réalisable.....	13 000	—
— installée.....	14 000	—

auxquels il faut ajouter, pour les projets en cours, une nouvelle puissance réalisable de 14 000 ch.

Ces nombres sont relativement élevés, si l'on considère que ce département ne touche aux Pyrénées que par l'extrémité sud de l'arrondissement de Saint-Gaudens, la majeure partie de son territoire étant formée de plaines.

(A suivre) H. Giran,

Professeur à la Faculté des Sciences de Toulouse.

Les contrats de vente d'énergie et les compteurs à haute tension

Dans cet article, l'auteur montre la nécessité d'employer, dans les distributions d'énergie, des compteurs à haute tension, au lieu de compteurs à basse tension; en effet, quand le client est tarifé sur le courant qu'il utilise en basse tension, il n'ouvre pas l'interrupteur haute tension de son transformateur lorsqu'il ne s'en sert pas. Or le transformateur consomme à vide du courant réactif, il en résulte une augmentation de l'angle de déphasage du réseau et une diminution du rendement de la distribution. L'auteur examine les différents contrats d'énergie et les dispositions à prendre pour assurer une tarification équitable de l'énergie.

Dans les grandes entreprises de distribution d'énergie, l'emploi des compteurs haute tension comme compteurs de vente est de plus en plus fréquent.

Cependant, ces compteurs sont loin d'être sans inconvénients et sans causer de nombreux ennuis.

On sait ce que signifie cette expression courante de « compteur haute tension » : elle désigne, en réalité, un compteur à basse tension ordinaire, relié au circuit haute tension par des transformateurs de mesure : un ou plusieurs transformateurs de tension et un ou plusieurs transformateurs d'intensité.

Les premiers transformateurs de mesure construits pour cet usage avaient de graves défauts : d'abord, leur rapport de transformation n'était pas assez constant pour assurer à « l'ensemble compteur » une exactitude suffisante; ensuite — et cela surtout pour les transformateurs de tension — ils étaient d'une fragilité qui provoquait de fréquentes détériorations et des mises hors de service doublement fâcheuses, et par les frais qu'elles causaient, et par les irrégularités et les arrêts qui s'ensuivaient dans le fonctionnement du compteur.

Les constructeurs se sont appliqués à faire disparaître ces deux défauts et ils y ont réussi, sinon complètement, du moins pour une large part. Mais cela n'a pas été sans augmenter encore le prix déjà fort élevé des transformateurs de mesure.

D'autre part, comme les tensions de distribution ont été portées à des valeurs de plus en plus grandes, il se trouve actuellement que, pour des tensions couramment employées, on arrive à des prix de compteurs exorbitants. A partir de tensions relativement faibles, les constructeurs n'établissent les transformateurs de mesure que monophasés; cela entraîne une nouvelle augmentation de prix; en outre, par la multiplicité qui s'ensuit des appareils, l'encombrement, déjà considérable, se trouve encore accru et, avec lui, les frais d'installation. Pour des tensions qui sont d'un usage courant, cet encombrement du compteur et de ses connexions est tel que, dans les installations de faible et moyenne puissance, il dépasse bien souvent celui du transformateur d'énergie lui-même.

Il n'est pas d'ingénieur ayant eu à étudier des postes de transformation pour la livraison de l'énergie à des clients de moyenne importance, qui ne se soit trouvé aux prises avec cette difficulté : en tassant le plus possible les connexions et les appareils, on aboutit à un poste encombré, incommode, peu sûr, et qui exige cependant, du fait de l'emploi d'un compteur haute tension, un local de dimensions tout à fait disproportionnées avec la puissance du transformateur..

Malgré l'énorme augmentation de prix qui en résulte, et pour des raisons que nous verrons tout à l'heure, on juge souvent que le compteur haute tension est nécessaire. Mais alors, si l'établissement du poste est à la charge du client, il est difficile de lui en faire accepter le prix. Si la Distribution prend le compteur à sa charge moyennant une rétribution, il est difficile de faire accepter pour cette dernière un taux suffisant et la location de ces compteurs est onéreuse pour l'exploitant, alors que la location et l'entretien des compteurs basse tension constituent, au contraire, presque toujours une source de bénéfices.

Il est un cas où les inconvénients que nous venons de signaler se font encore plus particulièrement sentir : c'est celui des postes de transformation aériens ou extérieurs, c'est-à-dire non abrités par des bâtiments. L'é-

Digitized by Google

tablissement de tels postes est souvent très intéressant, soit au point de vue prix de revient, soit pour d'autres raisons; les transformateurs et l'appareillage appropriés qu'on construit maintenant s'y prêtent parfaitement; mais il est pratiquement impossible de munir ces postes de compteurs haute tension. Et c'est probablement à cette impossibilité qu'est dû en grande partie leur emploi peu répandu.

Malgré l'amélioration certaine, depuis plusieurs années, des transformateurs de mesure, ces appareils n'en restent pas moins fragiles, délicats, difficiles à entretenir par suite de la difficulté d'y accéder et de les vérifier pendant qu'ils sont sous tension.

Ils introduisent, en outre des causes d'erreurs dues au compteur proprement dit, des causes d'erreurs supplémentaires de deux sortes ; d'abord celles provenant de leur imperfection propre, ensuite celles qui résultent de leur fragilité et de leur difficulté d'entretien et de vérification. Un accident très possible, par exemple, et le plus fréquent dans les transformateurs de tension, est la mise en court-circuit de plusieurs spires ; avant qu'elle ait produit la détérioration apparente de l'appareil; cette mise en court circuit peut entacher, pendant un temps relativement long, le fonctionnement du compteur d'une grave erreur.

Aussi bien, on se rend compte des incertitudes que comporte le fonctionnement d'un compteur composé d'éléments tellement nombreux et délicats. La pratique les fait remarquer, d'ailleurs, lorsque ces compteurs sont l'objet d'une surveillance et d'une vérification suivies. Malheureusement, les difficultés de cette surveillance et de cette vérification les font négliger dans beaucoup d'exploitations. Et, cependant, l'une et l'autre sont d'autant plus importantes que les compteurs haute tension ont généralement la charge d'enregistrer de fortes quantités d'énergie. Aussi, pour les livraisons particulièrement considérables, double-t-on souvent le compteur. Il faut reconnaître que c'est là une excellente précaution, soit qu'il s'agisse d'un compteur basse tension, soit qu'il s'agisse d'un compteur haute tension. Mais, dans ce dernier cas, on l'applique parfois fort mal, se bornant à doubler simplement le compteur basse tension ou compteur proprement dit, c'est-à-dire la partie de l'ensemble compteur qui est le moins sujette à caution, en se contentant d'une seule série de transformateurs de mesure auxquels sont même souvent confiées, outre le soin d'alimenter les compteurs, de multiples autres fonctions qui sont de multiples causes d'erreurs et d'accidents.

Il est bien vrai qu'il est difficile de se résoudre à doubler une onéreuse série de transformateurs, souvent quinze et vingt fois plus coûteux que le compteur proprement dit. Mais c'est le seul moyen d'avoir une réelle sécurité ; et le rôle du compteur est assez important pour qu'on y apporte tous les soins qui sont nécessaires.

Le compteur haute tension laissant bien à désirer, étant coûteux, non seulement par lui-même, mais encore par les sujétions qu'il entraîne, on ne s'étonnera pas si nous disons qu'il n'est pas employé en raison de ses qualités. Son emploi est imposé par la nécessité où se trouvent la plupart des grandes Distributions d'avoir des tarifications basées sur la mesure de l'énergie livrée à haute tension.

Cette nécessité a des raisons techniques concernant la bonne marche du réseau, et l'économie de cette marche; mais elle a des raisons commerciales plus profondes, et que nous verrons tout à l'heure.

Au point de vue technique, l'emploi des tarifications à haute tension assure :

a) Une amélioration du facteur de puissance du réseau ;

b) Une augmentation du rendement de la distribution.

Expliquons-nous d'abord sur ces deux points, nous en verrons ensuite les conséquences.

Les clients auxquels l'énergie est tarifée à basse tension n'ont aucun intérêt à isoler leur transformateur du réseau haute tension, lorsqu'ils ne s'en servent pas. On peut même dire que des clients avertis — nous voulons dire bons techniciens de l'électricité — trouveraient facilement des raisons, surtout lorsque le transformateur est leur propriété, pour le maintenir continuellement sous tension. Sans aller si loin, c'est un fait d'expérience que la plupart des clients laissent, par négligence, leurs transformateurs continuellement sous tension lorsqu'ils n'ont à payer que le courant débité par ces transformateurs et non celui qu'ils absorbent, c'est-à-dire lorsque l'énergie leur est facturée à basse tension. Nous avons même vu fréquemment des clients, ou leur personnel, ayant une répugnance irraisonnée à se servir de l'interrupteur haute tension isolant le transformateur du réseau, et se servant exclusivement de l'interrupteur basse tension qui se trouve après le transformateur.

Quoi qu'il en soit des motifs, ces transformateurs qui restent reliés au réseau pendant les arrêts de la journée, et souvent toute la nuit et même les jours de chômage, demandent un courant réactif considérable, qui réduit fortement le facteur de puissance du réseau.

En outre, ce courant à vide qu'ils consomment en pure perte, et qui n'est pas facturé, diminue directement le rendement de la distribution.

Il est bien difficile, alors que leur intérêt n'est pas en jeu, de faire une obligation pour les clients de ne se tenir reliés au réseau que lorsqu'ils consomment effectivement du courant. Et du reste, cela ne remédierait pas au fait suivant. Souvent, le même transformateur qui fournit la force motrice assure aussi l'éclairage ; ce dernier service n'exige, en général, qu'un débit qui est une faible fraction de celui du transformateur, et qu'on peut même presque toujours faire supporter à ce dernier en surcharge de quelques heures, sans augmenter sa puissance nominale. Mais, le plus souvent aussi, l'éclairage se prolonge au delà des heures d'utilisation de la force motrice, et. dans beaucoup d'usines, il existe un éclairage de nuit qui se réduit à quelques lampes. Le client tarifé à basse tension ne l'en fait pas moins — c'est son intérêt — assurer par son transformateur général,

Digitized by Google

occasionnant ainsi à ce dernier un rendement et un facteur de puissance déplorables pendant de longues heures.

Si le client avait son courant facturé à haute tension, il n'hésiterait pas à installer un petit transformateur spécial pour l'éclairage de nuit, ou même pour l'éclairage général.

De même, s'il a besoin d'une puissance très variable, le client tarifé à haute tension n'hésite pas à installer, au lieu d'un transformateur unique, un groupe de transformateurs lui permettant d'obtenir le meilleur rendement, ce qui, en même temps, assure au mieux les intérêts de la Distribution.

Au contraire, le client tarifé à basse tension installera évidemment un transformateur unique, quels que soient les écarts de charge, si c'est lui qui doit payer l'installation du poste de transformation.

La plupart du temps, il est vrai, lorsque l'énergie est vendue à basse tension, l'établissement et l'entretien du poste, y compris les transformateurs, sont à la charge de la Distribution et celle-ci pourrait adopter plusieurs transformateurs; mais, d'une part, cela augmenterait les frais d'installation et elle n'a pas autant d'intérêt à le faire que n'en aurait le client si elle lui vendait à haute tension, et, d'autre part, elle hésite à multiplier les dépenses fixes pour mieux se conformer à des besoins qu'il lui est plus difficile qu'au client de prévoir et de bien connaître, et qui, du reste, peuvent se modifier. Aussi, dans la plupart des cas semblables, les Distributions préfèrent-elles la solution la plus économique comme frais fixes et elles adoptent un transformateur unique. D'ailleurs, si elles installaient plusieurs transformateurs, quelle garantie auraient-elles qu'il en serait fait un emploi judicieux et conforme à leurs intérêts?

Pour résoudre la question de l'éclairage, on peut faire assurer ce service par un réseau basse tension public, lorsqu'il s'en trouve un à proximité; mais cette solution n'est pas toujours possible, et elle ne convient, en général, que pour l'éclairage de nuit ou un faible débit.

La tarification basse tension, en laissant à la charge de la Distribution toutes les pertes dans le transformateur: pertes en charge et aussi pertes à vide, permet donc aux clients d'user du transformateur sans avoir à supporter les conséquences d'un rendement défectueux ou de négligences entraînant une inutile consommation de courant, et il y a de ce fait, dans le prix de revient, pour l'exploitant, de l'énergie livrée à basse tension, un élément indéterminé, on doit même dire deux :

1° Le rendement moyen en charge du transformateur, c'est-à-dire la moyenne des rendements du transformateur lorsqu'il débite du courant utilisé normalement par le client; ce rendement moyen en charge est fonction du rendement absolu de l'appareil employé, mais il varie aussi avec le coefficient d'utilisation de la puissance du transformateur; on peut cependant, presque toujours, sinon l'évaluer d'une façon précise, du moins le situer entre des limites assez étroites;

2° La façon dont le client usera du transformateur; et là on est complètement dans l'inconnu. Cependant, c'est d'elle que résultera en grande partie le rendement commercial du transformateur: rapport de l'énergie facturée au client à l'énergie fournie au transformateur.

Trop souvent, on ne se rend pas compte de la valeur très faible à laquelle peut tomber ce rendement commercial. En fait, bien que le rendement absolu des transformateurs soit très élevé, même à $\frac{1}{2}$ ou $\frac{1}{4}$ de charge, il arrive dans certaines installations ou distributions, mal étudiées et mal exploitées à vrai dire, que le rendement commercial annuel est très bas.

Nous avons eu l'occasion de relever, dans une entreprise de distribution, plus de la moitié des transformateurs dont le rendement commercial annuel variait entre 15 pour 100 et 20 pour 100; cette entreprise ne réussissait pas à couvrir ses frais, et ce n'était pas étonnant.

Les transformateurs en question avaient été installés d'une façon inconsidérée; mais reprenons, à titre d'exemple, le transformateur dont nous parlions tout à l'heure, fonctionnant toute la nuit à vide ou avec une charge insignifiante, et donnons à son fonctionnement des caractéristiques correspondant à la réalité courante; un calcul facile nous fera voir que le rendement annuel descend au-dessous de 80 pour 100 pour un transformateur de 50 kv-a et une tension primaire de l'ordre de 25000 v, lorsque le nombre d'heures d'utilisation normale est 2000 et que le coefficient d'utilisation, pendant ces 2000 heures, de la puissance installée est $\frac{1}{2}$. On rencontre parfois, dans la moyenne industrie, des durées d'utilisation annuelle inférieures, et fréquemment des coefficients d'utilisation moindres, et on voit que le rendement commercial peut être assez loin du rendement moyen en charge qui, dans le cas que nous venons de voir (coefficient d'utilisation $\frac{1}{2}$), serait de 94 pour 100 à 95 pour 100.

C'est ce rendement moyen en charge qui deviendrait le rendement annuel ou commercial au cas où les transformateurs seraient isolés du réseau haute tension en dehors des heures où ils sont en charge. Ce résultat sera obtenu en tarifant l'énergie à haute tension, car il correspond alors à l'intérêt du client qui cherche évidemment à réduire la consommation du courant qui lui est facturé.

Nous venons de montrer que la tarification à haute tension, en amenant le client à limiter au minimum la puissance des transformateurs qu'il met sous tension :

a) Diminue le courant déwatté demandé au réseau et améliore, par conséquent, le facteur de puissance de celui-ci;

b) Augmente d'une façon très sensible le rendement réel des transformateurs.

L'amélioration du facteur de puissance rend plus facile l'exploitation du réseau; elle diminue les pertes par effet Joule et l'induction, augmentant ainsi le rendement électrique des lignes et aussi celui des machines de la Centrale : génératrices et transformateurs élévateurs.

Digitized by Google

De plus, elle augmente la capacité d'utilisation des génératrices électriques et de leurs groupes moteurs, c'est-à-dire de toute la Centrale, permettant ainsi d'assurer à cette dernière un meilleur coefficient d'exploitation.

Tout cela contribue, directement ou indirectement, aux bons résultats financiers de la distribution.

L'amélioration du rendement annuel des transformateurs supprime le gaspillage d'une importante quantité d'énergie, et la mesure de l'énergie facturée, en s'effectuant avant le transformateur, fait disparaître l'influence coûteuse du mauvais rendement de certains transformateurs.

De plus, il s'ensuit, par contre-coup, une augmentation du rendement électrique de toute la distribution, car, à la même puissance vendue et utilisée sur le réseau, il correspond une moindre puissance fournie, c'est-à-dire produite et transportée.

Cette dernière considération est de petite importance, dira-t-on ; mais c'est de l'ensemble de nombreuses considérations du même ordre que résulte le bon ou le mauvais résultat final, et c'est le manque d'attention qu'on leur porte ou la bonne suite qu'on leur donne qui différencie souvent une affaire qui ne réussit pas et une autre qui réussit.

Remarquons en passant, à ce sujet, qu'on s'ingénie actuellement aux dispositions les plus méticuleuses pour obtenir le meilleur rendement, à la Centrale : des transformateurs, des génératrices électriques, des machines motrices, des générateurs de vapeur et de leurs foyers. On ne craint pas d'immobiliser des sommes importantes pour obtenir la plus légère économie de charbon. Et cependant — fait souvent signalé — le charbon n'entre, en temps normal, que pour une part relativement faible dans le prix de revient du kilowatt-heure. Pourquoi donc gaspiller ou laisser gaspiller l'énergie au sortir de la Centrale, alors qu'elle est bien plus coûteuse que son équivalent en charbon, car déjà grevée de nombreux frais ?

Tout cela milite en faveur de l'emploi aussi étendu que possible des tarifications haute tension, et devrait être sérieusement examiné à ce point de vue. Mais nous pensons qu'on ne s'en rend pas, en général, entièrement compte, et que la seule raison qui fait, presque toujours, adopter les tarifications haute tension sans qu'on pousse plus loin, et même sans qu'on l'approfondisse, c'est la possibilité que présente l'emploi de ces tarifs d'accorder à la clientèle des prix de vente plus bas.

La concurrence est vive, en effet, entre les Distributions d'électricité et les marchands de machines à vapeur et de moteurs à gaz ou à huiles.

Ces derniers garantissent des prix de revient du cheval-heure aux essais qui, affectés de nombreuses circonstances favorables, laissent loin au-dessus d'eux les prix les plus bas que peuvent offrir, sauf dans des cas spéciaux, la plupart des Distributions d'énergie électrique.

L'utilisation de la puissance installée, très variable avec le genre d'industrie et parfois très faible, rétablit souvent l'équilibre en faveur de l'électricité. Cette question de l'utilisation est du reste la principale source des arguments que peut faire valoir le marchand d'électricité pour combattre ses rivaux et, autant que possible, se mettre vis-à-vis d'eux dans une situation moins défavorable au point de vue des prix. Mais, d'une part, nombre d'industriels se rendent un compte plus ou moins exact de ces questions d'utilisation de leur force motrice, et, d'autre part, le facteur d'utilisation constitue, dans bien des cas, une inconnue qu'il est assez difficile d'évaluer à l'avance, même d'une façon approximative. Il en résulte que la première chose à faire, pour tenter de décider un client, est de réduire le plus possible l'écart entre les prix bruts du kilowatt-heure électrique et du kilowatt-heure avec les autres agents moteurs qu'on lui propose.

En vendant l'énergie à haute tension, on peut d'abord réduire le prix de vente dans le rapport inverse du rendement commercial du transformateur. Mais, de plus, il faut remarquer que, lorsque l'énergie est vendue après le transformateur-abaisseur, son prix de revient pour la distribution est grevé, comme nous l'avons vu, d'un élément incertain : l'utilisation de la puissance installée chez le client. En établissant un prix à basse tension, l'exploitant est donc obligé d'y faire entrer ce facteur d'incertitude, et cela majore considérablement le prix à basse tension. Au contraire, la vente à haute tension fait sortir du prix de vente le facteur d'incertitude; le prix de revient de l'énergie avant le transformateur-abaisseur est donc facile à déterminer et nous avons vu que, automatiquement, les éléments dont il dépend se trouvent améliorés par le seul fait de l'usage conforme à ses intérêts que fait le client de l'énergie qu'on lui livre. Les prix de vente à haute tension pourront donc doublement serrer sans danger la limite ménageant le bénéfice qu'on s'est fixé.

La différence est ainsi sensible entre les prix à basse tension et à haute tension. Le futur client ne voit souvent que ce fait brutal et, en pratique, il est nécessaire de vendre à haute tension pour pouvoir traiter la plupart des affaires. Très fréquemment même, des affaires de petite puissance seraient traitées avec des tarifs haute tension, qui échappent à cause de la prohibition de ces tarifs par les inconvénients et le prix des compteurs haute tension.

La vente à haute tension présente, en outre, nombre d'avantages pour l'exploitant. Elle lui permet facilement de mettre à la charge des clients l'installation et l'entretien des postes de transformation qui les desservent; il est logique, en effet, que les installations appartiennent au client en aval du point de tarification, et à l'exploitant en amont. Sous ce rapport encore, l'usage des tarifs haute tension — et la pratique le montre — facilite la tractation de contrats plus avantageux, et abaisse de nouveau le prix de vente possible de l'énergie en abaissant les frais fixes dont est grevée cette vente.

Nous venons de voir, d'une part, les grands avantages que présente l'emploi des tarifs haute tension et, d'autre

Digitized by Google

part, l'insécurité que présentent les compteurs haute tension actuels, leur prix élevé, et leurs autres inconvénients. Cependant, malgré ces graves inconvénients et ce manque de sécurité, leur emploi se répand de plus en plus, et cela parce les tarifs haute tension correspondent à la nécessité impérieuse que nous avons essayé de montrer.

Mais cette nécessité des tarifs haute tension ne s'étend nullement à la conception actuelle des compteurs qui permettent de les appliquer, et on peut chercher à la satisfaire, tout en évitant les inconvénients des compteurs en usage aujourd'hui.

Un premier moyen d'y arriver résulte de la considération suivante :

Une partie importante de l'énergie perdue dans le transformateur-abaisseur du client est constituée par les pertes à vide ; en tout cas, tandis que les pertes dans le cuivre sont fonction du courant et, par conséquent, de l'énergie fournie, les pertes à vide sont proportionnelles à peu près uniquement au temps, c'est-à-dire, puisque ce dernier n'est pas contrôlé, qu'il est impossible d'en tenir compte dans un tarif à basse tension autrement qu'en majorant les prix de ce tarif d'une quantité arbitraire.

Mais si, au compteur à basse tension ordinaire, on adjoint un compteur de temps (un simple compteur horaire de type courant, par exemple) enregistrant le temps pendant lequel le transformateur-abaisseur est sous tension, on aura réalisé un ensemble compteur fournissant les éléments nécessaires à une tarification rationnelle, en ce sens que ses prix n'ont plus à tenir compte d'un élément indéterminé ; et une telle tarification pourra rendre à peu près les mêmes services que les tarifications à haute tension.

Cependant un tel système, comportant pour le client le payement d'une somme proportionnelle à l'énergie livrée aux bornes basse tension plus une somme proportionnelle au temps pendant lequel le transformateur est sous tension, a le défaut de donner à une partie du tarif l'allure d'une pénalité : pénalité en cas de mise sous tension du transformateur au delà des périodes où il est chargé. Ce n'est qu'une apparence, bien sûr ; mais nous croyons qu'il vaut mieux éviter, dans les rapports de fournisseur à client, même l'apparence d'une mesure coercitive.

On pourrait donner une minuterie commune au compteur basse tension et au compteur de temps, minuterie marquant à chaque instant, en kilowatts-heure, le total des indications des deux compteurs. Ce serait là un palliatif, mais qui pourrait cependant, dans certains cas, amener des difficultés, les indications de ce compteur composé ne correspondant pas — du moins la thèse pourrait être soutenue — d'une façon rigoureusement déterminée à la quantité d'énergie livrée soit à haute, soit à basse tension.

Un autre moyen consiste à supprimer les transformateurs de mesure, et à les remplacer par le transformateur d'énergie ou transformateur principal lui-même.

Ce moyen est appliqué dans un nouveau système de compteur, que nous décrirons dans un prochain article.

P.-F. Dufour.

Revues, analyses et informations

Economies réalisées dans la ville Des-Moines (Iowa) par l'emploi de sous-stations de traction automatiques (1).

L'emploi de sous-stations automatiques pour l'alimentation d'un réseau de traction n'avait pas, jusqu'à ce jour, été tenté sur une aussi grande échelle. Actuellement, le nombre des sous-stations installées à Des-Moines est de quatre dont une portative, sept autres sont en construction ou en projet. Le fonctionnement de ces sous-stations est régi par la chute de tension en ligne, et l'appareillage de commande a été particulièrement soigné.

Les lignes urbaines et interurbaines de cette ville étaient arrivées à la limite de capacité au point de vue de l'alimentation du courant. Deux solutions étaient alors envisagées : établissement de nouveaux feeders et installation à l'usine génératrice de deux commutatrices de 1 000 kw chacune, construction de nouvelles sous-stations automatiques. Après une étude approfondie, on s'est arrêté à la deuxième de ces solutions qui procure une grande économie sur la première, les prix de revient des deux pouvant s'établir comme suit :

1° Installation de deux commutatrices à l'usine.		
Valeur actuelle des feeders installés....	$ 112 800	586 600 fr
Valeur des feeders à installer.....	172 500	897 000
Deux commutatrices 1 000 kw, accessoires, etc.....	60 000	312 000
Total.....	$ 345 300	1 795 600 fr
2° Installation de sous-stations automatiques.		
Valeur actuelle des feeders installés....	$ 112 800	586 600 fr
Sept commutatrices et appareils de commande.....	98 000	509 600
Montage des sept équipements..... ...	8 500	44 200
Sept bâtiments pour les sous-stations.	21 000	109 200
27,5 km de ligne de transport de force, 4 400 v.....	34 000	176 800
Matériel accessoire.....	10 000	52 000
Auto-transformateurs 2 200 — 4 400 v, montage, câblage et divers.....	9 500	52 100
Total..... .	$ 293 800	1 530 500 fr
A déduire, valeur des feeders supprimés.	$ 90 200	469 000
Total..... ...	$ 203 600	1 061 500 fr
Soit : augmentation de la puissance de la sous-station et des feeders.....	$ 345 300	1 795 600 fr
Sous-stations automatiques.....	203 600	1 061 500
Economie résultant de l'emploi de cette dernière solution.....	$ 141 700	734 100 fr

(1) *Electric Railway Journal*, 13 janvier 1917, t. XLXX, p. 66-68, 2 500 mots, 4 fig.

Digitized by Google

Il convient de remarquer que, dans la première évaluation, on n'a pas tenu compte des dépenses occasionnées par le renforcement des supports de feeders en vue de l'établissement des feeders nouveaux, ce qui, d'ailleurs, ne ferait qu'augmenter l'avantage procuré par la deuxième solution.

Quant aux dépenses résultant de la modification de l'usine génératrice, elles peuvent s'établir comme suit :

1re solution :		
Valeur des feeders suivant le tableau ci-dessus	$ 345 000	1 794 000 fr
Renforcement des supports de feeders.	25 000	130 000
Installation d'un turbo-générateur de 5 000 kw à l'usine	120 000	624 000
Total	$ 490 000	2 548 000 fr
2e solution :		
Perte due à la suppression de deux unités de 1 000 kw	$ 40 000	208 000 fr
Installation d'un turbo-générateur de 5 000 kw et divers	120 000	624 000
	$ 160 000	832 000 fr
Vente des deux unités de 1 000 kw	5 000	26 000
Total	155 000	806 000 fr

En résumé :

Augmentation de la puissance de la centrale et des feeders	$ 490 000	2 548 000 fr
Sous-stations automatiques ($ 203 600 + 155 000)	358 600	1 867 500
Economie résultant de l'emploi de cette dernière solution	$ 131 400	680 500 fr

Une sous-station est prévue avec deux commutatrices disposées de telle sorte que la seconde machine soit mise en service lorsque la charge de la ligne dépasse la capacité de la première machine.

Les plans 1 et 2 permettent de se rendre compte de la répartition des sous-stations automatiques et de celles à manœuvre à la main le long des lignes du réseau.

Ainsi que cela a été vu plus haut, on dispose, en outre, d'une sous-station portative automatique pouvant être alimentée soit par le courant à 4 400 v fourni par la Compagnie, soit par celui à 23 000 v provenant des lignes d'alimentation des sous-stations suburbaines.

On a prévu une augmentation du trafic du réseau et l'installation d'une nouvelle sous-station automatique entre les deux sections suburbaines.

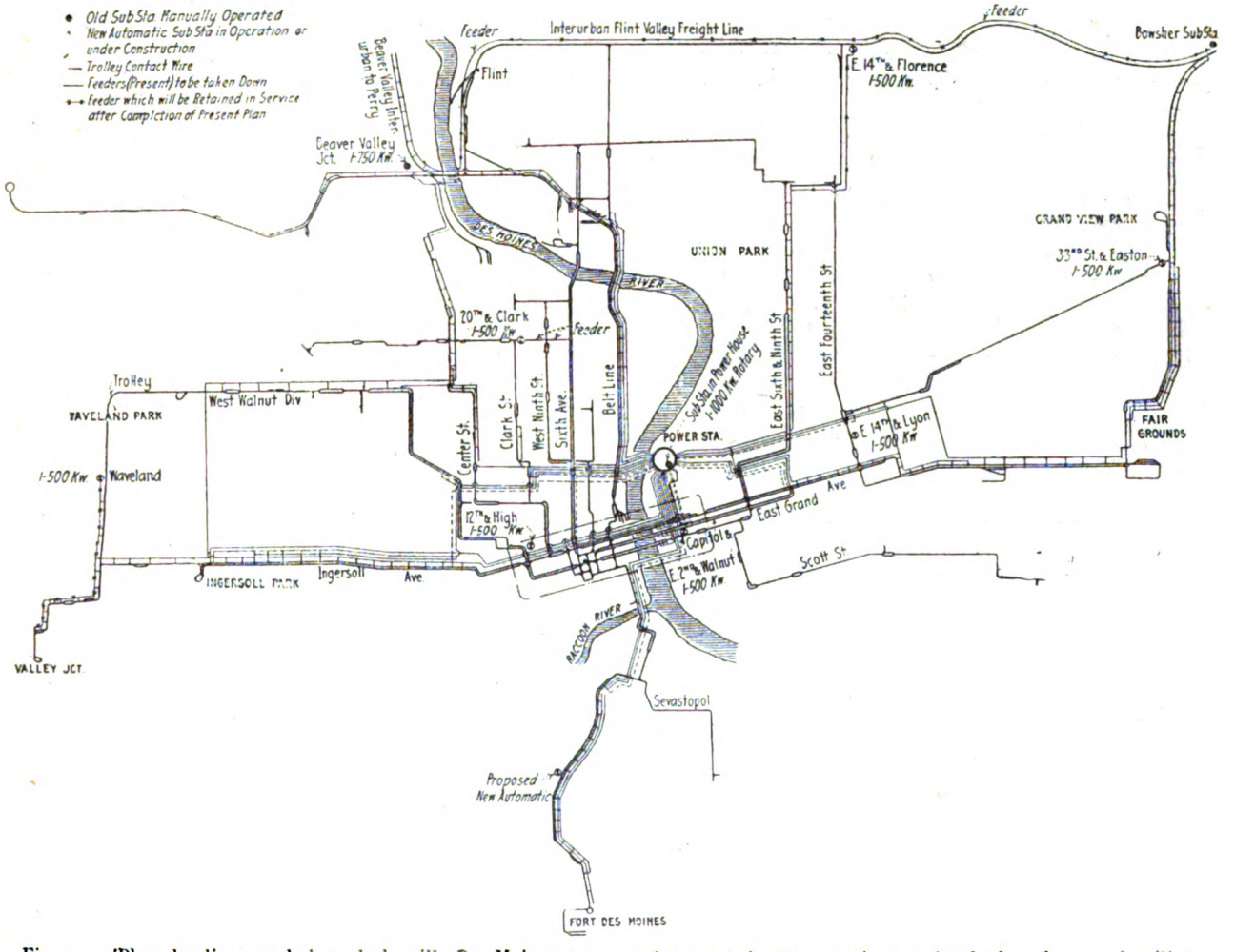


Fig. 1. — Plan des lignes urbaines de la ville Des-Moines avec emplacement des sous-stations et des feeders devenus inutilisés.

Dans les sous-stations de Perry, Herrold, Bowsher et Mitchellville, le surveillant assume en outre les fonctions de chef de station, délivre des billets, enregistre les colis, etc.

Digitized by Google

Un agrandissement de l'usine centrale a été également prévu et l'on envisage l'installation d'un nouveau groupe turbo-générateur de 5 000 kw. L'équilibre entre les groupes à courant continu et ceux à courant alternatif est obtenu à l'aide d'une commutatrice de 1 000 kw, reliée de part et d'autre aux barres de chacun d'eux et servant de liaison entre eux.

Outre les économies de premier établissement, il convient

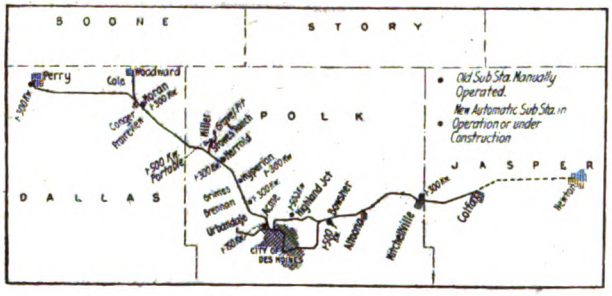


Fig. 2. — Plan des lignes suburbaines avec emplacement des sous-stations.

d'attirer l'attention sur celles résultant de la diminution des pertes en lignes et de la réduction de la main-d'œuvre. Il est assez difficile de chiffrer dès à présent ces diverses économies; signalons, toutefois, que la surveillance de ces diverses sous-stations automatiques est assurée par deux agents, l'un pour celles de la ville, l'autre pour celles de la banlieue.

Ligne de transmission pour petites agglomérations (1).

M. M.-D. Leslie donne une intéressante étude sur la construction d'une ligne triphasée à 22 000 v pour l'alimentation de plusieurs petites villes le long de la rivière Arkansas.

Cette ligne a environ 30 miles (48 km) de long, entre les villages de Dodge et de Bucklin, à travers celui de Ford. Bucklin a 800 habitants, Ford n'en a que 300; ce dernier village a construit lui-même tout le système de distribution, et l'a loué à la Compagnie électrique aussitôt que la ligne a été terminée. Le pays n'est guère habité, et l'énergie n'est utilisée que pour l'éclairage des villages et pour quelques élévateurs de grains.

La ligne est faite pour une distribution de 50 kw et prévue pour atteindre 75 kw. Etant donnés sa longueur et son peu de débit, il a été nécessaire, au point de vue économique, de la faire bon marché et d'un entretien facile pour les quinze ans d'exploitation.

Voici ses caractéristiques : 22 000 v, courant triphasé à 60 p : sec, montage sur poteaux métalliques surmontés de bras métalliques et soutenant 3 fils de fer galvanisés n° 6 EBB à une distance de 4 pieds les uns des autres. Les poteaux de 30 pieds 4 pouces (9,10 m), type Bates, en acier étiré, sont distants de 300 pieds (90 m). Tous les demi-miles (804 m) un poteau est ancré dans les deux directions de la ligne. Ceux d'angle ou de passages de voies ferrées sont de 35 pieds (10,5 m) et à double console.

Les fils de fer out été choisis à cause de leur bas prix, étant donné que sur d'autres lignes courtes des environs, ils avaient donné de bons résultats; on a supposé que le courant, ne dépassant pas 3 A par phase, le fer (*le EBB étant peu résistant*) ne gênerait pas malgré la longueur de la ligne, et le n° 6 étant le diamètre le moins résistant aux environs de 3 A.

Les derniers renseignements reçus nous informent que la perte sera un peu plus grande que celle prévue dans les calculs, mais sans cependant amener un grand changement. Les courbes relevées aux extrémités de la ligne montrent que la tension monte parfois beaucoup, mais que rarement elle descend au-dessous de la normale.

Des difficultés inattendues se sont présentées dans les calculs d'établissement, à cause du grand coefficient d'élasticité du fer et de son minime coefficient de dilatation qui rendaient l'usage des formules classiques incommode.

La ligne a été prévue pour supporter 0,5 pouce (environ 1,26 cm) de glace, un vent de 30 miles (48 km à l'heure) et une charge de 0,7 livre (317 g) par pied. Depuis, les résultats ont montré que les fils étaient plus forts que leur garantie.

Au premier abord, les calculs avaient été établis pour utiliser des poteaux en bois, plus solides aux essais, mais susceptibles d'inflammation. Les poteaux métalliques, plus élégants, impressionnent plus favorablement le public; quelques accidents de pose ont provoqué des déformations, mais celles-ci ont pu être réparées et tous les poteaux présentés ont été utilisés.

Le fabricant de poteaux livrait des supports en forme de H pour les poser, mais les difficultés rencontrées pour creuser les trous les a fait rejeter, et après quelques tâtonnements, on s'est arrêté au forage de deux trous carrés accolés, formant une excavation rectangulaire, et faite avec les vieux instruments en usage.

Des croisillons et un peu de sable furent posés au pied de chacun des poteaux. Le ciment fut acheté le long de la route avec provision pour un jour.

Selon la nature du sol on utilisa de deux à cinq terrassiers; l'équipe avançait accompagnée d'un camion contenant tout le matériel nécessaire, y compris les isolateurs.

Au moment de la construction, la main-d'œuvre faisant défaut, il fallut renoncer à la pose des fils qui furent installés au retour. Toute l'équipe campait, avec cuisine et tentes, le long du tracé. L'équipe complète comprenait : un conducteur, deux maçons, quatre terrassiers, un manœuvre et un contremaître. Le matériel consistait en un réservoir et un traîneau pour transporter les outils et servir de cuve à béton; celui-ci était préparé sur place pendant le relèvement et le bétonnage du poteau. Les poteaux fraîchement posés étaient assez solides pour être abandonnés aussitôt sous la garde d'un seul homme pour terminer le bétonnage et emporter la forme plus loin.

Le meilleur travail fut la pose de 34 poteaux en onze heures.

Le haubanage et la pose des fils furent faits au retour. Deux hommes creusaient les trous, les bétonnaient; deux hommes, avec une voiture à un cheval, posaient les haubans. Quatre poseurs et un conducteur posaient les fils et faisaient les ligatures. Neuf rouleaux de fils étaient distribués par mile et ramassés, trois par trois, par l'équipe descendante. Pour les attaches, on se servit de fil de fer n° 8 qui a une grande résistance. Les trois fils furent tendus à la fois au moyen de dévidoirs montés sur une voiture. Après chaque mile, on tendait en s'appuyant sur un poteau haubané.

On se servit d'épissures soudées de 5 pouces (12,5 cm),

(1) *Electrical World*, 10 février 1917, t. LXIX, p. 265-267, 2 400 mots.

Digitized by Google

modèle Western Union, la soudure étant faite avec une cuiller et un pot.

Des essais de résistance ont montré que certaines soudures avaient cédé à un effort maximum de 1850 lbs; que d'autres avaient supporté une traction de 1870 et 1810 lbs jusqu'à rupture du fil.

Dépenses pour la ligne de transmission en dollars.

ENVIRON 31 MILES	TOTAL	PAR MILE
Surveillance et construction	828,50	26,73
Droits de voirie	238,50	7,69
Travaux	2 619,59	84,50
Dépenses du camp, nourriture	592,54	19,11
Transports	717,49	23,15
Sable, gravier, ciment	356,81	11,51
Isolateurs	840,03	27,10
Ferrures	469,30	15,13
Fil	3 368,93	108,67
Poteaux d'acier (557) et piquets de haubans (23 piquets)	7 856,31	253,43
Haubanage	380,31	12,27
Poteaux de bois et accessoires	287,90	9,28
Transformateurs, disjoncteurs, paratonnerres	2 739,63	88,37
Matériel de la sous-station	193,11	6,23
Divers	107,25	3,46
TOTAL	21 596,00	696,64

Détail des Travaux.

Reconstruction de la ligne sur poteaux en bois pour raccord de la ligne à haute tension	391,30
Pose des 539 poteaux d'acier et accessoires	1 133,95
Pose des fils, ancres et haubans (environ 29 miles de ligne)	470,64
Construction de tours et finissage du dernier mile de ligne	623,30
TOTAL	2 619,59

La ligne a bien fonctionné pendant trois mois avec quelques accidents dus à des circonstances fortuites.

La dépense totale pour 31 miles (49,700 km) a été de 21 594 dollars, soit environ 2 160 fr par kilomètre.

Les plus gros chiffres sont représentés par les poteaux, 7 856 dollars 31, et par le fil (153 km), 3 368 dollars 93.

Les ouvriers ont été payés 25 cents (1,25) l'heure et les poseurs de fils 40 cents (2 fr). Les repas ont été comptés pour tous 20 cents (1 fr), c'est-à-dire à moitié prix du revient.

Une des raisons qui ont motivé l'élévation du prix de revient de la ligne a été la reconstruction de 1 mile environ de ligne à poteaux de bois, nécessaire pour la connexion avec la station centrale des transformateurs. Une autre cause de dépense a été la terminaison de la ligne du côté du village de Bucklin sur un mile aussi, à une époque plus tardive et avec moins de personnel. Le manque de matériel en a été la cause et la dépense a été fort exagérée en comparaison du travail donné.

La manutention économique du matériel de voie ferrée sur les lignes de tramways [1].

La manutention mécanique du matériel destiné à l'entretien des voies ferrées des lignes de tramways est très en faveur auprès des Compagnies américaines. Il convient toutefois, avant de s'engager dans cette voie, d'évaluer l'économie procurée par la manutention mécanique en tenant compte des frais d'entretien des appareils et équipements spéciaux qu'elle nécessite.

Il est évident que l'on doit chercher à réaliser des équipements susceptibles de remploi dans divers services, afin de limiter leur immobilisation sans travail, ce qui se produit lorsqu'ils ne peuvent être utilisés que pour des travaux nettement déterminés.

Au point de vue des matériaux proprement dits, on doit

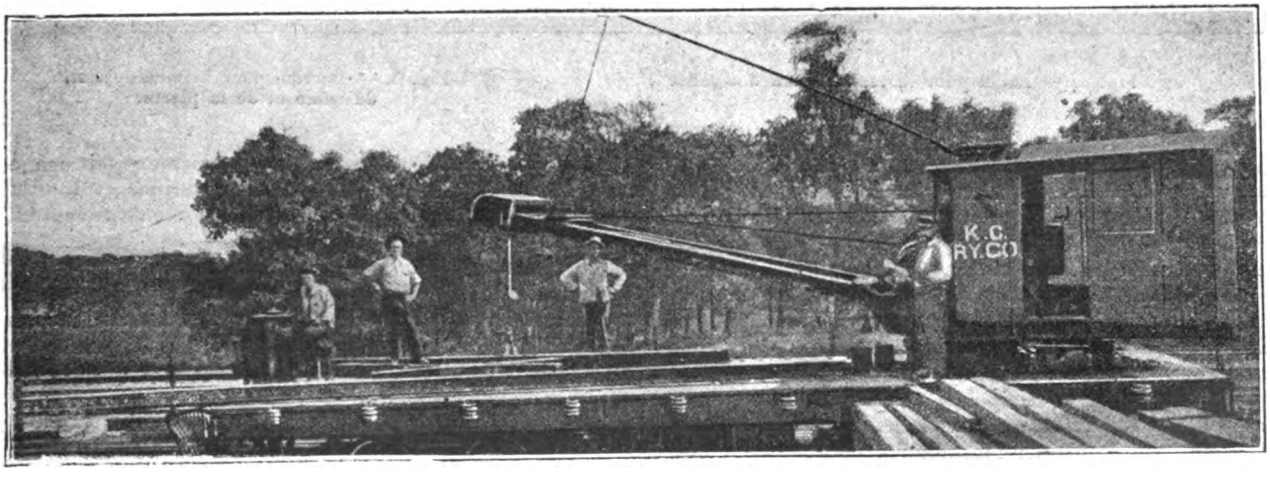


Fig. 1. — Truck automoteur avec grue.

s'attacher à en effectuer le déchargement le plus rapidement possible. Ils sont ensuite transportés au magasin du dépôt par les voitures ad hoc de la Compagnie. Nous citerons, à titre d'exemple, qu'aux Kansas City Railways on a réalisé une économie de 10000 fr environ l'an dernier sur le transport et la manutention du ciment dont la consommation a été de 440 800 sacs.

(1) A.-E. HARVEY. *Electric Railway Journal*, 27 janvier 1917, t. XLIX, p. 150-152, 2 000 mots, 4 fig.

Digitized by Google

Une coopération constante doit exister entre le service des magasins et celui des achats. Ce dernier doit passer les commandes en tenant compte des délais de livraison, afin d'éviter, soit l'amoncellement de stocks importants, ou un appauvrissement exagéré de ces stocks. Il en résulte une diminution notable de l'espace occupé par les magasins et de la valeur immobilisée en matériaux

Les matériaux entrant dans l'entretien de la voie sont les rails et les appareils correspondants, les pavés, briques, pierres, tuyaux de drainage, ciment, etc., destinés à la plate-forme. Pour les rails, les délais de livraison dépendant surtout de l'état des travaux des aciéries sont assez difficiles à prévoir, les livraisons partielles rares, il en résulte que le stock de ces matériaux doit être relativement considérable.

Aux Kansas City Railways on s'est attaché, dans la mesure du possible, à éviter le passage des matériaux par le magasin, leur livraison à pied-d'œuvre étant effectuée directement par des voitures disposées à cet effet. C'est ainsi que, dans l'année qui vient de s'écouler, ont été livrés directement 80 pour 100 des pavés reçus, 90 pour 100 des briques, 95 pour 100 du ciment, 80 à 90 pour 100 de sable et la totalité de la pierre concassée utilisés pour l'entretien des voies. L'économie réalisée a pu être évaluée à un minimum de 16 000 fr.

L'appareil qui rend le plus de service est le truck automoteur avec grue électrique (fig 1). Il peut, en effet, servir au chargement et au déchargement des matériaux, à leur transport tant à l'intérieur du dépôt que le long des voies et, par conséquent, avoir un coefficient d'utilisation pouvant atteindre 100 pour 100 par suite de la multiplicité des services qu'il est susceptible de rendre.

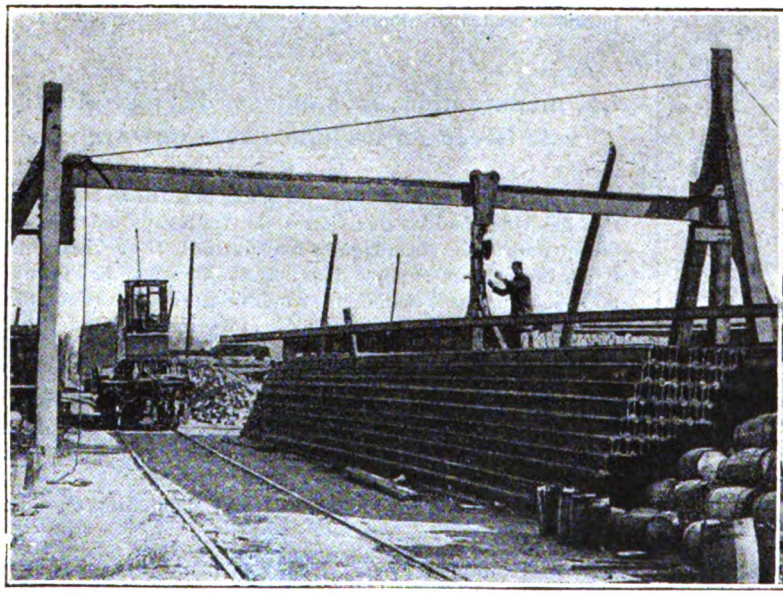


Fig. 2. — Palan pour la manutention des rails.

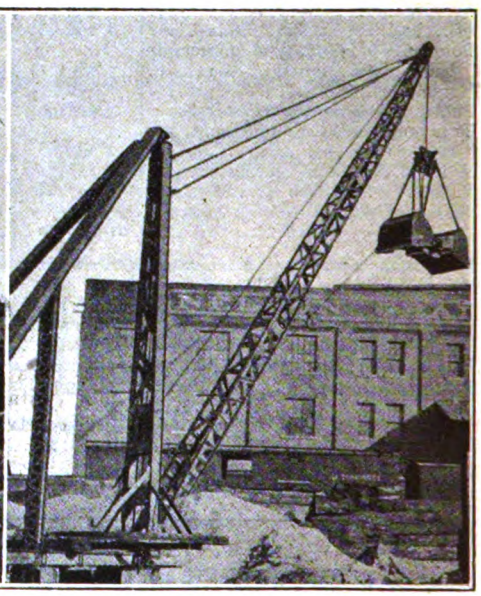


Fig. 3. — Derrick pour la manutention du sable et de la pierre.

Le stock de rails doit faire l'objet d'une installation spéciale en raison de son importance habituelle. Le manutention mécanique évite l'emploi de nombreux manœuvres nécessités par le poids et la longueur des pièces à manier. Le plus souvent les rails sont rangés en piles. L'appareil le plus pratique est, soit un petit pont roulant, soit un palan roulant sur une poutre disposée perpendiculairement à la pile de rails et desservant également la voie de circulation des trucks servant au transport des rails. On peut, sur la figure 2, juger de la simplicité de cet appareil qui est d'autant plus appréciable que son facteur d'utilisation assez faible ne saurait justifier l'installation d'un appareil coûteux.

Pour la manutention du sable et de la pierre, on fait usage d'un derrick (fig. 3) muni d'un treuil électrique et dont la volée est suffisante pour desservir un espace relativement grand.

Les résultats obtenus avec ces appareils très simples ont été tout à fait satisfaisants. La question de la manutention mécanique des matériaux nécessite un choix judicieux des appareils pour en obtenir le maximum de rendement. Elle est appelée à se généraliser de plus en plus en raison des avantages qu'elle procure.

P. S.

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

Assemblées générales

Fusion des Gaz.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DU 17 AVRIL 1917.

Les difficultés que la Société avait rencontrées pendant les précédents exercices de guerre n'ont fait que s'accroître, de sorte que le bilan se solde par une perte sensible.

L'assemblée a décidé de ne rien statuer sur le solde débiteur de 305 005 fr qui a été reporté à nouveau, une mesure d'ensemble devant être prise ultérieurement pour régulariser les résultats des exercices de guerre.

Elle a, en outre, approuvé la ligne de conduite suivie par le Conseil d'administration dans les difficultés nées des circonstances exceptionnelles de la guerre et lui a donné tous pouvoirs pour prendre les mesures que lui dicteraient les événements, arrêter l'exploitation de certaines usines si les circonstances rendaient cette mesure nécessaire, et profiter en tant que besoin des dispositions du moratorium pour suspendre les paiements des coupons des obligations et le remboursement des obligations amorties au tirage.

Le Conseil a signalé en particulier les difficultés qu'il avait rencontrées pour l'approvisionnement des usines en charbon; c'est ainsi que, faute de combustible, la distribution a été suspendue pendant des délais variables à Mirande, La Rochefoucauld, Ligny-en-Barrois, Epernon et Châteaurenault.

La Société a pu obtenir des municipalités des relèvements de tarifs dans 6 villes, ce qui porte à 18 le nombre de celles qui ont accepté des modifications de contrats depuis le début de la guerre.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1916.

Actif.

Usines en exploitation, 24 :	fr
Immeubles, canalisation, matériel d'exploitation.	8 083 939,15
Compteurs et installations en location	1 037 710,49
Approvisionnements :	
Dans les usines (fontes, appareils, charbon, etc.).	442 854,70
Siège social (imprimés)	11 255,34
Espèces en caisse :	
Usines	32 890,83
Siège social	19 461,58
Fonds déposés en banque	232 986,97
Débiteurs divers, usines et Paris	373 216,62
Participation électricité Nord-Est parisien	50 000 »
Valeurs en portefeuille	165 710,12
Portefeuille. Cautionnement	1 362,25
Siège social. Loyers d'avance	5 651,10
Dépôt d'actions d'administrateurs	225 000 »
Prime de remboursement	71 516 »
Compte de nantissement (titres)	390 000 »
Compte d'ordre, ville de Pamiers	225 713,17
Balance égale au solde débiteur du compte pertes et profits :	
Exercice antérieur	96 455,10
Exercice 1916	308 550,17
	11 674 273,59

Passif.

Capital social :	fr
Actions	4 000 000 »
Obligations	2 198 500 »
Réserve statutaire	387 461,64
Amortissement des usines et travaux exécutés	2 720 456,81
Amortissement annuel sur compteurs et installations en location	907 971,16
Réserve spéciale pour parer aux conséquences de la guerre	200 000 »
Réserve de prévoyance sociale	66 347,82
Réserve pour entretien	1 105,44
Coupons différés sur obligations	87 468,89
Cautionnements	64 193,62
Créanciers divers	590 053,04
Actions déposées par les administrateurs	225 000 »
Compte d'ordre, indemnité au bénéfice de la Société ville de Pamiers	225 713,17
	11 674 273,59

Electricité et Gaz du Nord.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 21 AVRIL 1917.

Toutes les installations de la Société Electricité et gaz du Nord se trouvant en pays envahi, et la Société n'ayant pu obtenir que des renseignements incomplets sur ces exploitations, l'assemblée générale a décidé qu'il y avait lieu, en raison des circonstances, d'ajourner toute approbation des comptes de l'exercice clos le 30 septembre 1916 et toute affectation ou répartition du solde de cet exercice.

Le rapport du Conseil d'administration donne quelques indications sur la situation de la Centrale de Lomme, dont il paraît à craindre que toutes les pièces de cuivre aient été enlevées, et sur la Centrale de Jeumont qui continue à fonctionner.

De même, la Société de gaz et d'électricité du Hainaut, la Société d'électricité de la région de Valenciennes-Anzin, dans lesquelles la Société Electricité et gaz du Nord a des intérêts, sont en fonctionnement. On sait d'ailleurs que, pour les Forges et Ateliers de Longueville, les bâtiments étaient seuls achevés à la veille de la guerre et qu'ils n'ont pas été sérieusement détériorés.

Le Conseil d'administration a présenté à l'assemblée des actionnaires une situation active et passive au 30 septembre 1916, situation qui ne diffère des précédentes que par les impôts, les frais généraux et quelques autres postes de faible importance.

BILAN AU 30 SEPTEMBRE 1916.

Actif.

	fr
Frais de constitution et d'augmentation du capital de la Société (amortissements déduits)	308 978,26
Portefeuille : Titres	14 755 899,25
Usines, réseaux et concessions (chiffres du 30 juin 1914)	20 895 428,12
A reporter	35 960 305,63

Digitized by Google

Report	35 960 305,63
Caisses, banques et débiteurs divers.....	5 738 821,54
Terrains à Paris.....	1 554 174,10
Magasins (approvisionnements et sous-produits, stocks du 30 juin 1914).....	669 885,16
Compte d'ordre (titres à libérer).....	1 964 562,50
Dépenses à ventiler entre les comptes de premier établissement et les comptes d'exploitations.....	580 366,66
Frais généraux d'administration et impôts divers :	
Exercice 1913-1914.....	153 250,26
Exercice 1914-1915.....	120 807,89
Exercice 1915-1916.....	85 220,80
	46 826 394,54

Passif.

	fr
Capital 140 000 actions de 250 fr.....	35 000 000 »
10 000 parts bénéficiaires.....	Mémoire.
Réserve légale.....	182 424,93
Prime de souscription afférente à l'augmentation du capital.....	4 200 000 »
Fonds d'amortissement.....	1 250 000 »
Créditeurs divers.....	1 933 335,69
Coupons restant à payer.....	38 538,59
Bénéfices connus des usines (au 30 juin 1914) ...	1 176 586,61
Produits du portefeuille et intérêts divers :	
Exercice 1913-1914.....	765 238,44
Exercice 1914-1915.....	200 581,10
Exercice 1915-1916.....	112 836,83
Compte d'ordre (versements restant à effectuer sur titres).....	1 964 562,50
Profits et pertes. Solde reporté au 30 septembre 1913.....	2 289,83
	46 826 394,54

Compagnie des Omnibus et Tramways de Lyon.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 28 AVRIL.

Les recettes totales de l'exploitation des différents réseaux de tramways se sont élevées à 13 245 246 fr et les dépenses à 8 534 952 fr laissant un bénéfice d'exploitation de 4 710 294 fr contre 4 159 974 fr en 1915.

En ajoutant les bénéfices des exploitations des chemins de fer, des funiculaires et des transports de guerre, soit 852 417 fr, le total des bénéfices d'exploitation a été de 5 562 711 fr, supérieur de 849 936 fr à ceux de 1915.

Le produit net de l'exercice ressort à 2 999 780 fr sur lequel, après prélèvement de 700 000 fr comme allocation aux fonds de renouvellement et de 200 000 fr pour l'amortissement du capital, le Conseil a décidé de distribuer un dividende de 22 fr par action, supérieur de 2 fr à celui de l'année précédente.

Le solde, après les prélèvements statutaires pour les réserves et en ajoutant le reliquat de 1915, soit 18 334 fr, a été de 245 995 fr qui a été reporté à nouveau.

Après ces répartitions, les réserves s'élèvent aux chiffres suivants :

Réserve statutaire, 2 200 000 fr.
Réserve spéciale, 1 700 000 fr.
Réserve pour amortissement des actions, 1 094 000 fr.

L'assemblée générale a décidé, par application des statuts, que les prélèvements portés à ce dernier compte d'amortissement des actions commenceront à partir de 1918 à être effectivement employés au remboursement au pair d'actions à amortir.

Il sera procédé dans ces conditions, en 1918, à un premier tirage au sort de 1 640 actions à amortir.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1916.

Actif.

	fr
COMPTE DE PREMIER ÉTABLISSEMENT :	
Terrains, immeubles, constructions.....	7 786 548,63
Chaudières, machines, dynamos.....	3 202 874,46
Agencement des dépôts	117 631,36
Anciennes voies	»
Nouvelles voies.....	15 895 903,33
Lignes électriques, aériennes, feeders.....	6 107 728,55
Matériel roulant.....	10 742 232,78
Apports d'Ecully.....	630 896 »
Apports de la nouvelle Compagnie lyonnaise de tramways.....	5 011 490 »
Apports et cessions de la Compagnie F. O. L...	6 453 498,35
Apports et cessions de la Compagnie S. P. F. L.	450 000 »
Apports et cessions des Compagnies Caluire et Croix-Paquet	1 430 750 »
Réfection et électrification du réseau F. O. L....	2 858 416,40
Réfection des lignes Caluire et Croix-Paquet.....	730 814,35
Mobilier et outillage divers.....	314 135,70
FRAIS D'ÉTUDE ET DE CONCESSION POUR LA TRACTION ÉLECTRIQUE	»
Liquidation des omnibus et tramways à chevaux et dépenses diverses.....	»
Liquidation des dépenses de fusion avec diverses Compagnies d'augmentation du capital	»
Liquidation des dépenses de fusion avec les Compagnies Caluire et Croix-Paquet	»
COMPTE D'ATTENTE. Lignes nouvelles, études, matériel roulant.....	969 048,90
APPROVISIONNEMENTS :	
Matériel de la voie.....	413 941,40
Matériel des ateliers et dépôts.....	1 653 620,60
CAISSE ET BANQUIERS	1 221 575,83
PORTEFEUILLE	2 799 314,75
6700 obligations 4 pour 100 de 500 fr à la souche.	3 350 000 »
CAUTIONNEMENTS..... ..	184 962,80
COMPTES COURANTS ET COMPTES DIVERS.....	1 133 223,95
COMPTES D'ORDRE. Différence entre le prix de remboursement et le prix d'émission des obligations.....	1 650 695,90
Acompte sur le dividende de l'exercice courant .	480 000 »
	75 589 304,04

Passif.

	fr
CAPITAL : 80 000 actions de 250 fr libérées.....	20 000 000 »
OBLIGATIONS EN CIRCULATION.....	35 086 600 »
6700 obligations à la souche de 4 pour 100 de 500 fr.....	3 350 000 »
PRIME :	
Sur 2666 actions de la fusion avec la Compagnie F. O. L.....	792 500 »
Sur 6000 actions nouvelles émises en 1912.....	1 828 106,85
Sur 277 actions nouvelles émises en 1914.....	20 541,45
OBLIGATIONS AMORTIES en 1915 et 1916.....	1 435 660 »
RÉSERVE statutaire.....	2 200 000 »
Fonds de réserve spéciale pour éventualités diverses.....	1 697 857,70
Compte d'amortissement des actions.....	894 700 »
AMORTISSEMENTS opérés par :	
Primes provenant de l'émission d'action.	4 709 530,95
Réserves diverses.....	2 573 219,85
Obligations amorties.....	7 802 620 »
Profits et pertes.....	24 933,40
CAUTIONNEMENTS déposés par les agents.....	99 503,15
COMPTES COURANTS CRÉDITEURS :	
Créances concordataires F. O. L.....	1 691,78
Obligations sorties aux tirages non remboursées.	245 600 »
Coupons échus restant à payer.....	658 598,78
Créditeurs divers.....	4 259 488,55
PROFITS ET PERTES. Solde créditeur,.....	3 018 115,68
	75 589 304,04

Digitized by Google

SECTION DE LÉGISLATION

Sur la législation et la jurisprudence relatives aux brevets aux États-Unis

Cet article indique brièvement les conditions que doit remplir une invention pour être brevetable aux Etats-Unis; dans ce but il examine successivement ce qui caractérise une invention, les particularités qui la font brevetable ou non, la manière dont les brevets doivent être rédigés. La fin de l'article est consacrée à l'historique de trois brevets fondamentaux de l'électrochimie.

Dans une série de conférences faites en 1915 et 1916, M. S.-C. Mastick, professeur de chimie à l'Université de Colombia, a examiné en détail les points principaux de la législation américaine sur les brevets, les conditions d'obtention d'un brevet, les droits qui appartiennent aux brevetés et sur les causes qui peuvent donner lieu à des actions en nullité de brevets. Bien que, en raison de sa profession, M. Mastick se soit principalement occupé des brevets concernant la chimie, on trouve dans ses conférences de nombreux renseignements, les uns d'ordre général, les autres relatifs à des produits électrochimiques, qui intéressent les électriciens et qu'il nous a paru utile de reproduire ci-dessous d'après l'analyse des conférences de M. Mastick qui a été publiée récemment par M. Jules Garçon (1).

I. Caractères de l'invention. — Les tribunaux américains ont jugé qu'une substitution de matière à une autre, lorsqu'elle donne lieu à des propriétés nouvelles ou à des applications nouvelles peut être une invention : par exemple la substitution de la chaux hydratée à la poudre de marbre en mélange avec la colle pour donner une matière susceptible de retarder la prise du plâtre (King contre Anderson). Par contre, la substitution du minium Pb^3O^4 au bioxyde de plomb PbO^2 dans la fabrication des plaques d'accumulateurs n'est pas une invention, car l'idée d'employer un oxyde plus répandu et moins cher n'implique pas l'exercice de la faculté d'invention, et, de plus, les résultats obtenus avec le minium sont inférieurs à ceux que donne le bioxyde (Brush Electric Co contre Electrical Accumulator Co).

Le changement dans la forme ou la grosseur d'une matière ne constitue pas, en général, une invention; c'est un simple tour de main. Il peut toutefois y avoir exception à cette règle : ainsi Edison, en diminuant le diamètre des filaments des lampes à incandescence de 1/32 à 1/64 de pouce, ce qui quadruple la résistance électrique et réduit de moitié la surface de radiation et par suite octuple le rapport de ces deux grandeurs, a rendu possible l'utilisation de ces filaments sous des tensions plus élevées et a réalisé une invention (Edison Co contre United States Electric Lighting Co).

Le changement des proportions constitue une invention s'il en résulte un produit nouveau. Par exemple, Charles Goodyear a produit le caoutchouc vulcanisé mou au moyen d'un mélange de cinq parties de caoutchouc pour une partie de soufre ; plus tard, Nelson Goodyear a obtenu le caoutchouc vulcanisé dur en prenant parties égales de caoutchouc et de soufre ; le changement de proportions a donné naissance à des produits absolument distincts, et le second brevet est parfaitement valable (Goodyear contre New-York Gutta percha Co).

Changer la température, l'agent de réaction dans une opération chimique, peut constituer une invention; il en est de même d'une simplification d'un procédé.

Employer un procédé connu, une machine connue, une composition connue pour un but analogue ou même nouveau, ne constitue pas en général une invention. Ainsi, dans la précipitation des métaux précieux de leurs solutions cyanurées, l'emploi de la poudre de zinc n'a pas été reconnu comme invention parce que la poudre de zinc était employée depuis longtemps d'une façon analogue pour précipiter le cuivre (Delamar contre Delamar Mining Co). Par contre, un procédé de traitement de minerais difficilement réductibles consistant en leur mélange avec des substances de faible conductibilité électrique que le passage d'un courant rend incandescentes, constitue une invention, en métallurgie, quoique ce procédé ait déjà été employé pour carboniser des « arcs de papier » (Electric Smelting and Aluminium Co contre Carborundum Co).

Il ne peut pas y avoir invention si le produit obtenu ne diffère de l'antérieur que grâce à l'habileté de l'artisan ; une invention est une opération intellectuelle menant à une utilité pratique et non pas une opération manuelle ; par exemple, un tissu de cordes plus serré et plus épais que ceux jusqu'alors fabriqués ne constitue pas une invention (Smith contre Nichols).

Il en est de même si l'idée consiste dans l'augmentation des dimensions d'un appareil déjà connu ou dans la combinaison, dans un même appareil, de plusieurs éléments déjà utilisés : par exemple, la fabrication de scies

(1) Jules Garçon. Notes de chimie. *Bulletin de la Société d'encouragement pour l'Industrie nationale*, janvier-février 1917, t. CXXVII, p. 168-184.

Digitized by Google

circulaires de diamètre triple de celui des scies ordinaires (Philipps contre Sage), ou encore la réunion de plusieurs éléments dans un appareil évaporatoire à effet multiple (Sugar Apparatus Co contre Yargan Co). Par contre, si plusieurs parties distinctes réunies ensemble produisent un effet de combinaison et non pas seulement une multiplication de chaque effet séparé, il peut y avoir invention; par exemple, placer deux turbines l'une en face de l'autre sur le même arbre de manière que les effets de la pression s'exerçant de haut en bas dans l'une soient compensés par les effets de la pression de bas en haut dans l'autre, constitue une invention (Parker contre Hulme).

II. Conditions de brevetabilité. — Pour être brevetable, il ne suffit pas qu'un objet présente le caractère d'invention : il lui faut encore les caractères de la nouveauté et de l'utilité. Si le procédé breveté, malgré tout son intérêt et toute sa nouveauté apparente, a été indiqué dans une publication imprimée se trouvant dans une bibliothèque publique, le brevet n'a pas de valeur (New Leparture Bell Co contre Bevin).

Une matière incapable de remplir la fonction revendiquée, alors même qu'elle a la même composition chimique qu'une autre qui remplirait bien cette fonction, ne saurait être brevetée (Bridgeport Wool Finishing Co contre Hooper).

Une production accidentelle de l'objet breveté, bien qu'antérieure au brevet, ne saurait être opposée à celui-ci. Par exemple, à un brevet concernant la fabrication de la glycérine et des acides gras par action sur les corps gras de l'eau à haute température, on opposait la formation d'acides gras dans les cylindres des machines à vapeur par saponification du suif employé au graissage; l'opposant a été débouté (Tilghmann contre Proctor).

Une chose qui n'était ni adaptée, ni employée à accomplir la revendication du brevet ne peut pas lui être opposée (Wickelman contre A.-B. Dick Co).

Une utilité, même d'un faible degré, suffit à assurer la brevetabilité. Mais il ne faut pas que l'application soit immorale, ou contraire à l'ordre public, ou destinée à une tromperie.

La législation américaine des brevets ne comporte pas de restriction sur les compositions, pourvu qu'elles soient nouvelles et utiles; par suite, les substances alimentaires, les produits pharmaceutiques et les produits chimiques peuvent être brevetés, contrairement à ce qui a lieu dans beaucoup d'autres pays.

Des principes ne peuvent pas faire l'objet d'un brevet; ce sont les applications seules qui peuvent être brevetées. Par exemple, le brevet Morse sur le télégraphe revendique l'usage d'un courant électrique en vue de marquer des signaux à toute distance, c'est-à-dire l'usage exclusif d'une puissance de la nature en vue d'un but particulier. Cette revendication a été jugée trop large, car si elle était maintenue, dit la Cour, un inventeur ne pourrait plus découvrir quelque mode nouveau d'écrire ou d'imprimer à distance par le moyen d'un courant électrique (O'Reilly contre Morse).

Un procédé basé uniquement sur les forces de la nature ne peut être breveté. Mais, si l'on utilise une force naturelle dans des conditions bien spécifiées et dans un but déterminé, il y a matière à brevet. Par exemple, est brevetable la purification des eaux vannes en soumettant celles-ci à l'abri de l'air, de la lumière et de l'agitation, à l'action de bactéries anaérobies jusqu'à ce que soit liquéfiée toute la masse des matières organiques solides et en soumettant ensuite l'affluent à l'air et à la lumière (Cameron Septic Tank Co contre Village of Saratoga Springs).

L'emploi d'un procédé dans une industrie se trouve antériorisé s'il existe un brevet pour un procédé semblable dans une industrie analogue; cette règle des analogues donne, d'ailleurs, lieu à des difficultés dans l'application.

La combinaison de procédés connus ne constitue pas une invention, à moins cependant qu'on obtienne des résultats différents. Par exemple, a été déclaré nul un brevet pour la production d'une solution de zincate en traitant des minerais grillés par une solution de soude caustique et pour retirer de ce zincate du zinc par voie électrolytique. Toutefois, il semble que ce brevet ait été mal pris : un procédé pour fabriquer du zinc métallique par emploi direct de la soude caustique sur le minerai et régénération de la soude avec production de chlore comme sous-produit, eût été brevetable.

III. Rédaction des demandes de brevets. — Parmi les conseils pratiques que donne M. Mastick à ce sujet, signalons les suivants :

L'inventeur doit d'abord faire ressortir l'invention de la façon la plus précise.

Le breveté doit avoir grand soin de ne pas étendre ses revendications plus qu'il ne faut : il ne peut réclamer toutes les applications d'une chose; il peut revendiquer des limites d'applications aussi grandes qu'il est utile, mais ne doit pas les dépasser.

Le brevet doit indiquer toutes les phases de l'opération brevetée; par contre, une phase intermédiaire peut être omise si elle n'est pas indispensable, alors même qu'elle constituerait un perfectionnement assez grand.

Le brevet ne doit pas revendiquer de choses inutiles.

IV. Quelques brevets remarquables. — M. Mastick étudie en détail sept brevets qui sont parmi les plus importants qui aient été pris aux États-Unis. Nous ne parlerons que de trois d'entre eux, lesquels se rapportent à l'électrochimie. Ce sont : 1° le brevet n° 531 138, relatif à la fabrication du carbure de calcium, délivré à Thomas L. Wilson, le 18 juin 1895; 2° le brevet n° 452 030, délivré le 12 mai 1891 à Hamilton Young Castner pour son procédé de fabrication du sodium et du potassium; 3° le brevet n° 400 766, délivré le 2 avril 1886 à Charles M. Hall et relatif à la fabrication de l'aluminium par électrolyse.

Digitized by Google

1° *Brevet Wilson* (1). — M. Mastick étudie la façon dont ce brevet a été rédigé. Voici cette rédaction :

Mon invention, dit le texte, concerne la production d'une nouvelle forme de carbure de calcium cristallin. Avant mon invention, le carbure de calcium existait à l'état amorphe, dû, soit à la méthode de sa préparation, soit aux impuretés qu'il renfermait. Par mon invention ici décrite, le carbure de calcium est produit sous une nouvelle forme, c'est-à-dire à l'état cristallin, possédant une iridescence bleuâtre ou pourprée. Le carbure ainsi produit est dans une condition particulièrement apte à être convertie en d'autres composés à cause de sa pureté.

Pour obtenir ce produit, je procède comme il suit. Je prends du coke et de la chaux très finement divisés, réduits mécaniquement à l'état pulvérulent, et je les mélange intimement dans la proportion de 35 parties de coke et de 65 de chaux. Je les soumets ensuite à l'action du courant électrique dans un four, tel que celui que montre la figure ci-jointe... (Suit la description du four et du traitement)... L'action est simplement une fusion... dans les conditions décrites ici... Lorsque le carbure de calcium liquide est laissé refroidir, il cristallise dans la forme marquée et, si on la brise, il montre les surfaces iridescentes.

Il est essentiel, pour produire la nouvelle matière que le brevet décrit, d'avoir de la chaux et du coke très finement divisés...

L'action du courant alternatif est essentiellement différente de celle d'un courant direct, car elle produit une série d'explosions dont l'effet semble être de fournir la matière pulvérisée à l'arc. Ceci est fort important pour produire une conversion rapide et uniforme.

Ce que je revendique comme mon invention, et désire me réserver par un brevet est : comme produit nouveau, du carbure de calcium cristallin, existant en masses de cristaux agrégés, substantiellement comme il est décrit ci-dessus.

M. Mastick insiste sur les expressions *préférable*, *nécessaire*, *par exemple*, accusant ce qui est essentiel aux yeux de l'inventeur, ce qui ne l'est pas, ce qui n'est donné que pour rendre plus clair. La propriété distinctive du produit *cristallin* est la base de la revendication. La propriété de posséder une iridescence bleuâtre est accessoire et ne paraît plus dans la revendication finale.

2° *Brevet Castner*. — Voici ce qu'écrit à son sujet M. Garçon dans son analyse de l'étude de M. Mastick :

Le brevet Castner n° 452 030, du 12 mai 1891, concerne un procédé de fabrication du sodium et du potassium à partir de la soude et de la potasse caustiques, sans distillation, en soumettant l'alcali caustique maintenu à une température ne dépassant pas son point de fusion de plus de 20°, à l'action du courant électrique.

La demande est accompagnée d'une figure donnant la section d'un four électrique et de la cuve convenant au procédé. La demande expose d'abord ce qui se faisait avant, puis les raisons pour lesquelles les procédés antérieurs n'ont pas réussi industriellement, ensuite les grandes lignes du procédé revendiqué et les raisons de son succès commercial. Il insiste sur ce que, seul, le procédé revendiqué réussit industriellement, et l'on sait comment la réalité lui a donné raison. La loi, d'ailleurs, reconnaît qu'il existe une différence susceptible d'être brevetée entre un essai de laboratoire ou un simple fait scientifique et un procédé mis au point industriel. Puis la demande décrit le procédé, en se référant à la figure et en donnant des détails sur la force du courant, les dimensions de l'appareil, etc. Dans les brevets, les figures sont rarement à l'échelle ; mais, lorsque le brevet est décrit comme étant déjà exploité et que les figures sont à l'échelle, l'argument du non pratique ne peut guère lui être opposé. C'était particulièrement précieux dans le cas présent où la brevetabilité repose sur la non-réalisation industrielle des procédés antérieurs. La demande se sert souvent des expressions : préférable, convenable, comme nous le disons, qui montrent que les indications en jeu ne sont pas regardées comme essentielles. Ces expressions contrastent avec celle de nécessaire, employée lorsqu'il s'agit de limites de température à ne pas dépasser.

La description conclut qu'elle ne se borne pas à la forme particulière de l'appareil indiqué, mais qu'elle le décrit simplement comme l'une des formes qui peuvent être employées ; la description donne donc un exemple, sans qu'il y ait délimitation.

Il n'y a que deux revendications, c'est la preuve qu'un grand nombre de revendications n'est pas toujours utile pour protéger convenablement une invention. Voici ces deux revendications :

« 1° Le procédé ci-dessus décrit pour fabriquer les métaux alcalins, qui consiste à traiter l'alcali caustique, tout en le maintenant constamment à une température ne dépassant pas de plus de 20° son point de fusion, à l'action d'un courant électrique ;

» 2° Dans un appareil pour fabriquer les métaux alcalins, la combinaison, avec des électrodes positives et négatives, d'un écran interposé entre lesdites électrodes et un vase ou dôme superposé pour recueillir le métal sédaré, comme indiqué ci-dessus. »

3° *Brevet Hall*. — M. Mastick a choisi ce brevet en en vue de donner un exemple de la façon dont procède le Patent Office et dont un brevet peut poursuivre sa carrière devant les tribunaux (1). Il y consacre une très longue étude que M. Garçon résume comme suit :

Hall a fait son premier bouton d'aluminium le 23 février 1886, moins d'un an après être sorti gradué du Collège Oberlin, et à l'âge de vingt-deux ans et huit mois. Il déposa une demande de brevet le 9 juillet 1886, sous le n° 207 601. L'on sait que le Patent Office de Washington comprend 43 divisions pour l'examen des demandes. Ce fut la division 3, Electrochemistry-Metallurgy, qui fut chargée d'examiner la demande Hall. Pour cet examen, les examinateurs s'appuient sur la considération de 1 125 000 brevets américains déjà délivrés, sur celle de certains brevets étrangers, avant tout les brevets anglais, français et allemands, enfin sur celle, plutôt incomplète, de la littérature technique. « L'organisation actuelle du Patent Office ne permet pas, dit M. Mastick, de poursuivre une recherche complète dans

(1) On sait que le brevet Wilson a donné lieu à des procès et que les tribunaux français, reconnaissant les antériorités de Moissan et de Bullier, l'ont infirmé.

(1) Ce brevet a, en effet, donné naissance à de longs procès, le brevet français Héroult, relatif au même procédé, étant antérieur de près de quatre mois au brevet Hall.

Digitized by Google

ce dernier domaine; il est déjà étonnant que le Patten Office arrive à faire aussi bien qu'il le fait. »

Lorsque la demande de brevet arrive à son tour à l'examinateur, si la forme est correcte, une recherche est faite et le demandeur (ou son agent) est informé du résultat par lettre. Presque toujours, ce résultat est le rejet de quelques-unes des revendications, ou même de toutes, rejet basé sur des citations, et le demandeur a alors à modifier sa demande et à distinguer, s'il le peut, son invention de ce qui existe dans les antériorités citées par l'examinateur. Et il en va ainsi jusqu'à ce que finalement la demande avec ses revendications modifiées est, ou bien acceptée, ou bien représentée comme n'étant pas brevetable. Si elle est repoussée par le premier examinateur, le demandeur peut en appeler successivement au Conseil des examinateurs en chef, au Commissaire des brevets, à la Cour des appels du district de Colombia. Après, il lui reste encore recours à l'United States District Court et finalement à l'United States Circuit Court of Appeals.

Hall dans sa demande primitive, disait :

« Mon invention consiste en un procédé et en un appareil pour produire de l'aluminium par électrolyse de l'alumine dissoute dans des sels anhydres fondus. Les moyens employés sont :

» *D'abord*, des dissolvants convenables de l'alumine sous forme de composés et de combinaisons chimiques qui fondent à une chaleur modérée, et qui, une fois fondus, dissolvent l'alumine et l'amènent à un état de liquide ou de dissolution qui admette l'électrolyse;

» *En second lieu*, des creusets et des vases convenables pour contenir les dissolvants et l'alumine fondue à la température de fusion;

» *En troisième lieu*, des électrodes convenables dans le but de transmettre l'électricité à travers la masse fondue et liquide, dans le but d'obtenir le métal aluminium par réduction de l'alumine. »

Hall décrit ensuite son dissolvant, fluorure d'aluminium ou cryolithe.

La demande de Hall se terminait par seize revendications; les dix premières concernaient le procédé et les six autres l'appareil.

Près de quatre mois après le dépôt de sa demande, soit le 28 octobre 1886, il reçut une première communication du Patent Office marquant que toutes les revendications de son procédé semblent antériorisées par le brevet français Héroult du 23 avril 1886, qui électrolyse une solution d'alumine dans de la cryolithe fondue, et que toutes les revendications concernant son appareil étaient antériorisées par divers brevets américains et français. Hall put prouver qu'il avait produit son premier bouton d'aluminium le 23 février 1886, et l'antériorité Héroult ne lui fut plus opposée.

Le rédacteur de ces notes remarque qu'il est évident que Héroult a dû produire de l'aluminium avant le dépôt de son brevet et il aurait fallu en déterminer la date (bien que son influence en matière de brevets de fabrication américains fût probablement inopérante, s'il n'y a pas eu de publication antérieure et suffisante).

Quoi qu'il en soit, la discussion se poursuivit entre Hall et le Patent Office de Washington; plus de 30 communications furent échangées entre eux. Finalement, un brevet lui fut accordé le 2 avril 1889 pour son procédé, élimination faite des appareils et le texte, bien différent du texte primitif, ne renfermait plus que trois réclamations au lieu de seize.

« 1) Un perfectionnement dans l'art de fabriquer de l'aluminium, qui consiste à dissoudre de l'alumine dans un bain fondu composé de fluorures d'aluminium et d'un métal plus électropositif que l'aluminium, puis à faire passer un courant électrique dans la masse fondue.

» 2) Un perfectionnement... qui consiste à dissoudre de l'alumine dans un bain fondu composé de fluorures d'aluminium et de sodium, puis à faire passer un courant électrique dans la masse fondue, par le moyen d'une anode de carbone.

» 3)... qui consiste à dissoudre de l'alumine dans un bain fondu composé de fluorures d'aluminium, de sodium et de lithium... »

Dès juillet 1886, Hall était entré en rapport avec les Frères Cowles qui avaient établi la Cowles electric Smelting and Aluminium Co et traitaient les alliages d'aluminium. Hall leur consentit une option d'un an pour la vente de son brevet.

Durant ce temps, on lui donna des facilités pour expérimenter son procédé à l'usine Cowles de Lockport, près New-York. Le procédé qu'il offrait était celui dans lequel les creusets étaient chauffés extérieurement et où l'on employait des anodes de cuivre. Les essais ne satisfirent pas les Cowles qui croyaient à la nécessité du chauffage intérieur et de l'emploi d'anodes de charbon; le chauffage intérieur figurait dans des brevets antérieurs de Cowles.

Vers juillet 1888, l'un des employés de la Compagnie Cowles la quitta et alla fonder, à Pittsburgh, la Pittsburgh Reduction Cy. A la fin de juillet, la limite de l'option consentie étant atteinte, Hall se joignit à la nouvelle Compagnie, et en novembre 1888, il commençait à produire à l'usine de New Kensington, près Pittsburgh; il produisit d'abord, par jour, 50 livres de métal à 2 dollars la livre. Pendant six mois, la fabrication se fit conformément aux idées de Hall. Puis, on se mit à revêtir les creusets d'une couche épaisse de charbon et on adopta le chauffage intérieur avec anodes de carbone. Dès lors, le succès s'affirma. Hall abandonna les anodes de cuivre, et sa première revendication pour anodes de carbone fut déposée le 4 septembre 1888, après son départ de la Cowles Co et son arrivée à Pittsburgh.

Aussitôt après le départ de Hall de Lockport, la Cowles Co commença à travailler sur la cryolithe et l'alumine, en tenant le bain fondu par le moyen du courant électrique. Un essai s'ensuivit pour fusionner les deux Compagnies; mais il échoua et la Cowles Co intenta un procès à la Pittsburgh Reduction Co pour contrefaçon de certains de ses brevets; un contre-procès fut aussitôt intenté à la Cowles Co pour contrefaçon du brevet Hall. Ensuite, vers 1885, la Cowles Co fit l'acquisition du brevet Bradley n° 464933, demandé le 23 février 1883 et accordé seulement le 8 décembre 1891.

Le procès en contrefaçon du brevet Hall intenté à la Cowles Co fut jugé le 20 janvier 1893. Le juge Taft rendit sa décision en faveur de Hall et la Cowles Co fut condamnée à 292 000 dollars de dommages-intérêts. Le texte du jugement est cité par le *J. of industrial and Engineering Chemistry*, 1915, p. 986 et suivantes. M. Taft examine diverses antériorités; celles de Ville, 1859, 1500 p., où un passage traite de la préparation de l'aluminium par le courant; celles des brevets anglais Bell de 1861, Johnson de 1879 et de 1883, Graetzel de 1884; du brevet français Fuerst du 8 août 1884, du brevet Héroult. « Hall est un inventeur, conclut le juge Taft, et il a le droit de tirer avantage de sa découverte. » La Cowles Co demanda à être entendue de nouveau, mais cette demande fut rejetée.

Ainsi finit le premier des procès Hall. Le second procès

Digitized by Google

est celui intenté par la Cowles Co pour faire vérifier la validité du brevet Bradley, qui, d'après les Cowles, rendait nul le brevet Hall. Les Cowles, battus en première instance, triomphèrent en appel. Ce procès fut introduit en 1891 par la Cowles Co contre la Pittsburgh Reduction Co. Le brevet Charles Bradley, que les Cowles avaient acquis en 1885 et qu'ils accusaient Hall de contrefaire, est du 23 février 1883 (n° de dépôt 85 959); il donna lieu à deux demandes ultérieures par division, le n° 464 933 du 8 décembre 1891 et le n° 468 148 du 2 février 1893; le dernier est le plus extensif. Le juge Taft rendit un jugement le 23 avril 1895 qui donnait droit aux Cowles sur les brevets Bradley. Aussitôt, ceux-ci se retournèrent contre Hall (Pittsburgh Reduction Co) et lui intentèrent un procès en contrefaçon des brevets Bradley. La Cour de première instance rendit son arrêt le 22 octobre 1901; le juge Harzel jugeait que le brevet Hall n° 400 766 ne contrefaisait pas le brevet Bradley.

Voici quelques points de ce jugement :

« Le brevet Bradley concerne un procédé pour réduire des oxydes métalliques très réfractaires et mauvais conducteurs, en les soumettant à l'action d'un courant électrique qui les fond, puis les dissocie en sorte que le métal séparé se dépose peu à peu à la cathode.

» La revendication 4 du brevet Bradley n° 468 148 dit : procédé pour séparer ou dissocier l'aluminium de ses minerais ou composés, consistant à fondre et à maintenir la fusion et à décomposer électrolytiquement le minerai en faisant passer à travers le courant électrique.

» Le juge Harzel constate que l'extraction de l'aluminium de ses minerais a été complètement transformée. La mise en pratique du brevet Hall, que les Cowles attaquent, a amené une réduction merveilleuse des prix de l'aluminium, qui a passé de 5 à 8 dollars en 1886 à 25-30 cents en 1897; toute la consommation de l'aluminium aux États-Unis lui est due actuellement. Hall prétend qu'il a trouvé que l'alumine se dissout dans le fluorure double d'alumine et de sodium, que ce fait n'était pas connu avant lui; et que la fabrication industrielle de l'aluminium n'existait pas avant lui. C'est à MM. Cowles, engagés dès avant 1885 dans le traitement des alliages d'aluminium, qu'est due l'adoption du chauffage intérieur des bains par le courant. Mais, dès 1807, Sir Humphrey Davy, dans une conférence à la Royal Society de Londres (voir *Philosophical Transactions*, 1808), extrayait le métal de la potasse en employant l'électricité comme agent de fusion et de décomposition. Le brevet Castner en est une réalisation; Siemens l'a réalisé aussi avec l'arc. En 1881, le brevet français de la Compagnie générale belge emploie l'arc pour chauffer. Howe, en 1882, parle déjà de fondre les électrolytes avant de les décomposer. Bunsen fondait le chlorure de magnésium, puis l'électrolysait. Le brevet américain Ball et Guest n° 236 478 décrit l'application du courant électrique pour carboniser des arcs de papier tandis qu'ils se trouvent dans une boîte en matière non conductrice. Le brevet anglais Siemens n° 2110 de 1870 décrit l'usage de l'arc électrique pour fondre les métaux, avec deux bâtons de charbon comme électrodes. Ball électrolyse la cryolithe dès 1861; Gauduin en 1869 décomposait des sels d'aluminium au moyen du courant électrique, comme source de chaleur extérieure au creuset. La revendication de Bradley est donc trop large. Le brevet Hall ne le contrefait pas. »

La Cowles Co appela de cette décision et la Cour d'appel lui donna finalement raison, par jugement rendu le 20 octobre 1903 par le juge Coxe. A la suite, un accord intervint entre les deux Sociétés rivales, la Hall Co s'engageant à verser une forte somme pour le passé et une redevance pour tout aluminium produit jusqu'à l'expiration du brevet Bradley. La situation ne pouvait se dénouer que par un arrangement, attendu que le brevet Bradley étant jugé être une antériorité au brevet Hall, celui-ci ne pouvait plus être exploité par Hall; mais le brevet Hall étant un brevet de perfectionnement au brevet Bradley, les Cowles, propriétaires du brevet Bradley, ne pouvaient pas exploiter le procédé Hall sans son consentement.

« Le juge Coxe regarde l'expérience de Davy de 1807 comme une expérience intéressante et rien de plus, qui ne fut pas faite sur des minerais d'aluminium, mais sur de petits morceaux de potasse et de soude. L'ouvrage de Tissier sur l'aluminium de 1858 dit qu'en 1807 Davy essaya de décomposer aussi l'alumine, mais qu'il échoua.

» Pendant trois quarts de siècle, l'expérience de Davy fut présente à tous les esprits, mais rien ne s'ensuivit industriellement. L'expérience de Duvivier de 1854, production hypothétique d'aluminium en exposant un morceau de disthène à l'arc électrique, manque de précision.

» Le brevet anglais Siemens de 1879 décrit l'emploi de l'arc pour fondre les métaux, mais il ne s'agit pas d'électrolyse. Le brevet Ball et Guest de 1881 traite de carbonisation par électricité, et nullement de la séparation des métaux de leurs minerais. Le brevet français Faure de 1880 fabrique le sodium à partir des cyanures, en se servant d'électricité pour produire une température élevée et assurer la réaction. Le brevet anglais Lane Fox de 1878 traite de perfectionnements dans l'éclairage et le chauffage, et nullement de traitements de minerais. Le mémoire du professeur Howe (*Trans. of the American Institute of Engineers Mining*, mai 1882), décrit le procédé d'un inventeur anonyme, basé sur l'emploi de l'arc dans un creuset de charbon constituant la cathode, mais c'est l'inconnu. Voilà les antériorités opposées au brevet Bradley.

» De nombreux brevets furent pris pour séparer l'aluminium de ses minerais, en se servant de chaleur extérieure pour fondre le bain et le maintenir fondu. Hall lui-même ne procéda pas autrement jusqu'en 1889, et son brevet n° 400 766, pris trois ans après celui de Bradley, ne parle que de chauffer extérieurement.

» C'est le chauffage intérieur, revendiqué par Bradley, qui a assuré l'essor de la nouvelle fabrication de l'aluminium. C'est aussi l'emploi du courant électrique pour tout ensemble produire la fusion du minerai, maintenir cette fusion et réaliser l'électrolyse. Le juge Coxe n'a trouvé à cette revendication aucune antériorité. La cryolithe du brevet Hall n'est qu'un minerai du brevet Bradley. Le brevet Hall est donc sous la dépendance du brevet Bradley, qui est fondamental, mais il en constitue un réel perfectionnement. »

Ainsi, conclut M. Garçon, une fois de plus, une même découverte était faite par deux inventeurs qui s'ignoraient : Héroult en France et Hall aux États-Unis. Mais rien de ce que nous venons d'exposer d'après M. Mastick, et qui ne concerne que les procès Hall aux États-Unis, ne diminue la gloire si grande de Héroult dont le brevet est antérieur de plusieurs mois au brevet Hall.

Digitized by Google

Législation, jurisprudence, réglementation

Décret déclarant d'utilité publique l'établissement d'une usine électrique.

Le « Journal officiel » du 27 avril 1917 publie, p. 3263, un décret pris par le président de la République le 19 avril 1917, déclarant d'utilité publique les travaux à exécuter sur la rivière la Têt et son affluent la Ribérolle, pour l'établissement, dans la commune de Fontpédrouse (Pyrénées-Orientales), d'une usine hydro-électrique destinée à fournir l'énergie électrique nécessaire à l'exploitation de la ligne de la Compagnie des chemins de fer du Midi de Perpignan à Villefranche. Voici le texte de ce décret :

ARTICLE PREMIER. — Sont déclarés d'utilité publique les travaux à exécuter sur la rivière la Têt et son affluent la Ribérolle pour l'établissement, dans la commune de Fontpédrouse (département des Pyrénées-Orientales), d'une usine hydro-électrique, destinée à fournir l'énergie électrique nécessaire à l'exploitation du chemin de fer de Perpignan à Villefranche.

ART. 2. — La Compagnie des chemins de fer du Midi est autorisée à acquérir, par voie d'expropriation, dans les conditions prévues par la loi du 3 mai 1841, les terrains dont l'occupation est nécessaire pour l'établissement de l'usine et de ses dépendances.

ART. 3. — La présente déclaration d'utilité publique sera considérée comme nulle et non avenue, si les expropriations à effectuer ainsi ne sont pas accomplies dans le délai de trois ans, à compter de la date du présent décret.

ART. 4. — La Compagnie des chemins de fer du Midi est autorisée à dériver les rivières de la Têt et de la Ribérolle, à la condition de laisser écouler en tout temps, à travers le barrage projeté sur chacune de ces rivières, respectivement 115 litres et 25 litres : sec.

ART. 5. — Des arrêtés préfectoraux, rendus sur les propositions des ingénieurs du service hydraulique, fixeront respectivement les conditions de l'usage des prises d'eau sur chacune des deux rivières.

ART. 6. — La Compagnie des chemins de fer du Midi sera tenue d'indemniser les irrigants et autres usagers de tous dommages qu'ils pourront prouver leur avoir été causés par les modifications que le fonctionnement de l'usine apportera au régime de chacune des deux rivières.

ART. 7. — Au cas où l'exploitation des lignes de chemins de fer du réseau du Midi n'absorberait pas toute l'énergie électrique produite par l'usine de Fontpédrouse, la Compagnie pourrait être autorisée par le ministre des Travaux publics à vendre ou céder à des tiers tout ou partie des excédents disponibles, les tiers devant supporter alors, s'il y a lieu, la dépense des travaux et des installations exécutés pour ces fournitures d'énergie.

ART. 8. — Le ministre des Travaux publics et des Transports et le ministre de l'Agriculture sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret, qui sera publié au *Journal officiel* de la République française et inséré au *Bulletin des lois*.

Décret concernant la réorganisation des cadres de l'inspection générale des postes et des télégraphes et création de l'emploi d'inspecteur adjoint à l'inspection générale.

Le Président de la République a pris, le 29 mars 1917, le décret suivant, publié le 28 avril 1917, par le « Journal officiel ».

ARTICLE PREMIER. — Est créé l'emploi d'inspecteur adjoint à l'inspection générale des postes et des télégraphes.

Cadres.

ART. 2. — Les cadres de l'inspection générale des postes et des télégraphes comprennent des emplois d'inspecteur général, d'inspecteur adjoint, de rédacteur, d'expéditionnaire, de dame dactylographe et de gardien de bureau, dont le nombre est fixé, pour chaque catégorie, conformément aux indications du tableau ci-après :

CATÉGORIES D'EMPLOIS	NOMBRE
Inspecteurs généraux (1)	7
Inspecteurs adjoints	6
Rédacteurs	2
Expéditionnaires	2
Dames dactylographes	2
Gardiens de bureau de direction	2
Total	21

(1) Dont l'inspecteur général directeur de l'École supérieure des postes et des télégraphes.

Traitements.

ART. 3. — Les traitements et les classes des inspecteurs généraux, rédacteurs, expéditionnaires, dames dactylographes et gardiens de bureau restent fixés par le décret du 2 février 1916.

Les traitements et les classes des inspecteurs adjoints sont fixés comme il suit :

1re classe	11 000
2e —	10 000
3e —	9 000
4e —	8 000
5e —	7 000
6e —	6 000

Recrutement.

ART. 4 — Les inspecteurs généraux sont nommés par décret et choisis parmi les fonctionnaires en possession d'un traitement au moins égal au traitement minimum de l'emploi ou du traitement immédiatement inférieur, réserve faite de la proportion d'emplois attribuable aux fonctionnaires issus du corps des ingénieurs.

Les inspecteurs adjoints sont nommés par décret et choisis :

a) S'il s'agit d'un adjoint à un inspecteur général originaire du corps des ingénieurs : parmi les fonctionnaires du cadre administratif en possession d'un traitement au moins égal au traitement minimum de l'emploi ou du traitement immédiatement inférieur audit minimum ;

b) S'il s'agit d'un adjoint à un inspecteur général originaire du cadre administratif : parmi les ingénieurs en chef ou ordinaires en possession d'un traitement au moins égal au traitement minimum de l'emploi, ou du traitement immédiatement inférieur audit minimum ; ces fonctionnaires conservent, dans la hiérarchie spéciale de leur corps, le titre d'ingénieur en chef ou d'ingénieur ordinaire en corrélation avec leur traitement.

Les rédacteurs, expéditionnaires, dames dactylographes et gardiens de bureau restent soumis aux conditions ordinaires du recrutement de leurs catégories respectives.

ART. 5. — Toutes dispositions antérieures contraires à celles qui précèdent sont et demeurent abrogées.

ART. 6. — Le ministre du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes et le ministre des Finances sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret, qui entrera en vigueur à partir du 16 avril 1917.

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

1re Année. — Tome I. — N° 21. — 26 Mai 1917.

Chronique. — Inauguration du monument Berthelot. — Le feminisme dans l'industrie. — La cuisine électrique en Suisse, p. 801 et 802.

Section scientifique et technique. — Sur un aspect de la loi d'Ohm, par E. Brylinski, p. 803. — Revues, analyses et informations : La Distribution des températures dans les machines électriques, p. 804; L'éclat apparent; ses conditions et ses propriétés, p. 806.

Section industrielle. — La Houille blanche dans les Pyrénées *(suite et fin)*, par H. Giran, p 809. — La Foire de Paris, par J. N., p. 817. — Paragrêle Marcillac du Chenavari (Ardèche), par J. R., p. 819. — Revues, analyses et informations : Les télégraphes et les téléphones dans les colonies britanniques, p. 820; Petites ou grandes centrales ?, p. 826.

Section économique et financière. — Assemblées générales : Compagnie des travaux d'éclairage et de force (anciens établissements Clémençou), p. 827; Compagnie générale parisienne de tramways, p. 827; Compagnie française des tramways électriques et des omnibus de Bordeaux, p. 828; Compagnie générale française de tramways, p. 828; Gaz de Lyon, p. 829; Compagnie centrale d'éclairage et de transport de force par l'électricité (Compagnie d'électricité de Limoges), p. 829; Société électrochimique du Giffre, p. 829; Banque nationale de crédit, p. 830. — Revues, analyses et informations. — Chambres de commerce : Chambre de commerce d'Alger, p. 830; Chambre de commerce française de Genève, p. 830.

Section de législation. — La crise du gaz devant les Conseils de préfecture, par L. de La Taste, p. 831. — Législation, jurisprudence, réglementation : Tribunaux : tribunal civil de la Seine (8e chambre), Cour de cassation (chambre civile), p. 839; La reconstitution industrielle des régions envahies, p. 839; Projet de loi concernant l'inspection de l'enseignement technique, p. 830; Décret autorisant l'établissement d'une usine électrique à Beaumont-Monteux, p. 840.

Inauguration du monument Berthelot. — L'inauguration du monument élevé à Marcelin Berthelot a eu lieu le lundi 21 mai 1917. Cette cérémonie, qui avait été retardée par la guerre, a débuté par une grandiose manifestation qui s'est déroulée dans le grand amphithéâtre de la Sorbonne. Elle fut présidée par M. Raymond Poincaré, président de la République française, entouré de plusieurs ministres, des membres du Conseil municipal de la Ville de Paris, du corps universitaire, du bureau de la ligue de l'enseignement et de la famille de l'illustre savant.

M. Maurice Croiset, administrateur du Collège de France a pris le premier la parole et remis le monument de Berthelot à la Ville de Paris, au nom du Comité d'organisation.

M. Adrien Mithouard, président du Conseil municipal, a remercié le Comité organisateur et rendu hommage a la mémoire de l'illustre savant au nom de la Ville de Paris. Puis M. Émile Boutroux, directeur de l'Académie française, rappela la puissance de synthèse de Marcelin Berthelot qu'il compara à la synthèse allemande. M. Armand Gautier prit ensuite la parole et fit l'éloge de Berthelot au nom de l'Académie des Sciences. Après M. Gautier, M. Paterno di Sessa, vice-président du Sénat italien rendit hommage à la France, partie de tant de savants, à la chimie française et à Berthelot dont les travaux servent de base et de direction à la chimie italienne.

M. Dounan exprima ensuite l'admiration de l'Université de Londres pour notre grand disparu. Enfin, M. Painlevé, ministre de la Guerre, au nom du gouvernement, fit un éloge grandiose de Marcelin Berthelot et rappela les services immenses rendus par ce savant pendant l'année terrible, en septembre 1870. La France alors n'avait plus d'armées, mais elle voulait lutter pour l'honneur jusqu'à son dernier souffle. Dans Paris assiégé, la matière première manquait, malgré tout et quand même, Dorian fondit des canons, le général Prébault improvisa une artillerie et des artilleurs, Marcelin Berthelot organisa la fabrication des explosifs. Il continua son œuvre après la guerre, créa la Commission des substances explosives et devint conseiller technique du Laboratoire central de la marine. M. Painlevé termina son discours en disant :

« Inspirons-nous d'un si noble et courageux exemple. Que nos souffrances, que nos deuils mêmes, si cruels qu'ils soient, deviennent pour nous, dans les jours prochains et jusqu'à la victoire, une source inépuisable de constance, de résolution et d'héroïsme. »

La cérémonie de la Sorbonne terminée, l'inauguration du monument dû au regretté René de Saint-Marceaux eut lieu dans les jardins du Collège de France. La cérémonie se termina par le défilé devant le monument, des enfants des écoles et des élèves des Sociétés de préparation militaire.

Digitized by Google

Le féminisme dans l'industrie. — En raréfiant le personnel masculin, la guerre a ouvert aux femmes bien des carrières qui leur étaient fermées jusqu'ici. On sait combien elles sont aujourd'hui nombreuses dans les ateliers de fabrication des munitions, dans les entreprises de traction électrique, etc., et l'on a pu lire récemment dans les journaux que l'on ferait désormais appel à leur concours pour la conduite des voitures automobiles du service sanitaire des armées. Dans cette dernière utilisation de la main-d'œuvre féminine, nous n'avons d'ailleurs fait que suivre l'exemple des Anglais qui, depuis de longs mois, ont confié la conduite des voitures de blessés à des femmes; il semble même, si l'on s'en rapporte aux informations de la presse technique, que nous soyons également en retard dans les autres utilisations, puisque, d'après un de nos confrères anglais, les femmes sont employées non seulement comme receveuses et conductrices de tramways, mais comme préposées aux tableaux de distribution et aussi comme chauffeuses dans les salles de chaufferie des usines productrices d'électricité.

Mais ces diverses utilisations sont en quelque sorte d'ordre subalterne. L'ingénieur féminin était encore une exception, et, dans l'industrie, la femme ne pouvait prétendre aux emplois de direction qu'elle avait conquis dans le commerce. Si l'on rencontre parfois quelques femmes ingénieurs dans l'industrie électrique, c'est grâce au libéralisme de l'organisation de l'Institut électrotechnique Montefiore, où les femmes étaient admises au même titre que les hommes. Nos Universités françaises, en permettant aux femmes de suivre les cours de licence et en leur accordant le droit de passer leurs examens de doctorat, ont également contribué à ouvrir aux femmes les carrières d'ingénieur; un petit nombre, toutefois, ont profité de ce libéralisme de nos Universités, car, si nous avons quelques doctoresses en droit et quelques doctoresses en médecine, les doctoresses ès sciences sont beaucoup plus rares et encore se sont-elles tournées plutôt vers l'étude de la science pure que vers l'étude de ses applications industrielles.

Diverses mesures législatives ou administratives prises récemment, aussi bien en France qu'à l'étranger, semblent de nature à augmenter la proportion des femmes ingénieurs. L'an dernier, sous le régime autocratique, le ministre de l'Instruction publique de Russie informait l'Institut polytechnique féminin de Pétrograd qu'il ne voyait aucun obstacle à conférer le titre d'*ingenieur* aux femmes ayant suivi les cours de l'Institut depuis 1902 et munies du diplôme; en même temps, il exprimait son intention d'autoriser l'admission des femmes aux cours de l'Institut électrotechnique et d'employer au ministère de l'Instruction publique celles d'entre elles qui obtiendront leur diplôme d'ingénieur électricien. Il y a quelques semaines, un décret accordait aux femmes le droit d'entrer à notre Ecole centrale des arts et manufactures; peu après, le Conseil municipal de la Ville de Paris autorisait le directeur de l'Ecole de physique et de chimie à mentionner l'admission des jeunes filles au prochain concours; aujourd'hui 22 mai, le « Journal officiel » publie un décret autorisant leur admissions dans les Ecoles nationales d'horlogerie de Cluses et de Besançon.

Nous sommes donc à la veille de trouver à la fois des ingénieurs hommes et des ingénieurs femmes dans les diverses branches de l'industrie. Nous laissons à d'autres le soin de tirer toutes les conséquences philosophiques, sociales et économiques qui pourront résulter de cette évolution. Nous nous bornons à signaler le fait.

La cuisine électrique en Suisse. — Les difficultés que l'on rencontre actuellement en Suisse à s'approvisionner en charbon ont amené l'Association suisse des Electriciens et l'Union des Centrales suisses à préconiser l'extension des applications de l'électricité produite par les chutes d'eau au chauffage et à la cuisine. Déjà nous avons signalé, dans le numéro de la R. G. E. du 21 avril, p. 640, les démarches faites par l'Union des Centrales suisses en vue de faire rapporter l'interdiction récente du travail de nuit dans les boulangeries et les pâtisseries en faveur de celles qui emploient des fours chauffés électriquement; aujourd'hui, nous avons à noter la campagne entreprise dans la presse quotidienne en vue de développer la cuisine par l'électricité.

Cette campagne avait d'ailleurs été précédée d'une enquête et d'une discussion d'où il résultait que les usines hydroélectriques, non seulement se trouvent en mesure de satisfaire aux besoins de l'éclairage et de la force motrice, mais disposent encore de réserves d'énergie qu'elles peuvent livrer à prix réduit pour les applications électrochimiques et pour les applications au chauffage. On avait, tout d'abord, envisagé la possibilité d'un tarif de vente uniforme dans toute la Suisse pour ces dernières applications, mais la discussion de ce projet fit ressortir que les entreprises de production d'électricité se trouvaient dans des conditions inégalement favorables pour son adoption, les unes ayant déjà l'utilisation presque complète de l'énergie dont elles disposent, d'autres ne pouvant songer, vu la cherté des matériaux et la pénurie de main-d'œuvre, à réaliser dès actuellement les extensions de leur matériel générateur et de leurs réseaux qui seraient nécessaires pour utiliser leurs réserves hydrauliques. En conséquence, les entreprises de production furent laissées libres d'adopter les conditions de vente satisfaisant le mieux à leurs propres intérêts et à ceux du public, étant entendu qu'elles devaient considérer comme un « devoir national » de prendre les mesures les plus propres à diminuer la consommation de charbon.

L'étude préliminaire de la question a montré que, malgré la diversité des conditions de vente imposée par l'inégalité des conditions de production, l'emploi de l'électricité pour la cuisine est susceptible de prendre une importance très considérable. Il a été, en effet, reconnu que, pendant tout le semestre d'été, la cuisson de tous les repas peut se faire complètement aux heures où la puissance des usines n'est pas entièrement absorbée par les applications actuelles de l'électricité et que, pendant le semestre d'hiver, la cuisson du repas principal peut aussi être faite aux heures de faible utilisation.

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

Sur un aspect de la loi d'Ohm

Les brèves remarques qui suivent s'inspirent de considérations développées par Vaschy, il y a bien des années; leur principal intérêt réside dans la simplicité d'exposition qui résulte de l'examen d'un cas particulier.

Envisageons un conducteur électrique constituant un circuit fermé de longueur l, de section S supposée constante, de résistivité ρ, coupé par une pile entre les bornes de laquelle la différence de potentiel est E, d'où résulte un courant constant I.

Nous avons

$$E = \rho l \frac{I}{S}.$$

L'état étant stationnaire, les tubes de courant coïncident avec les tubes de flux qu'on aurait en supposant le conducteur remplacé par un diélectrique, et l'on a dans le conducteur un champ électrique constant H, tel que

$$E = Hl;$$

par conséquent

$$\frac{H}{\rho} = \frac{I}{S}.$$

Ce courant I crée une force magnétomotrice

$$\mathcal{E} = 4\pi I.$$

Or, par suite de la réciprocité des phénomènes électriques et magnétiques, une variation de flux d'induction électrostatique BS crée une force magnétomotrice, de même qu'une variation de flux magnétique, changée de signe, crée une force électromotrice. Dans le cas que nous examinons, il n'y a pas d'autre source de force magnétomotrice possible que le conducteur, de telle sorte qu'on peut considérer la force magnétomotrice $\mathcal{E}$ comme produite par une variation du flux d'induction électrique dans le conducteur.

$$\mathcal{E} = 4\pi I = S \frac{dB}{dt}.$$

D'où résulte

$$\frac{dB}{dt} = 4\pi \frac{I}{S}.$$

On voit que la densité de courant peut être considérée comme un apport d'induction électrique, dont l'énergie est continuellement transformée en chaleur dans le conducteur.

On peut supposer les deux pôles de la pile comme recouverts de couches égales et opposées d'électricité $\pm Q$, de valeur

$$\pm Q = \frac{SB}{4\pi}.$$

D'où résulte

$$I = \frac{S}{4\pi} \frac{dB}{dt} = \frac{dQ}{dt}.$$

Cette équation implique l'assimilation complète de l'intensité de courant avec la variation de quantité d'électricité, assimilation généralement admise depuis fort longtemps à la suite de la découverte des lois de l'électrolyse, mais contestée par des esprits éminents jusqu'à ces dernières années.

Dans la théorie des électrons, cette quantité Q apparaît comme ayant une existence physique réelle, alors que l'induction électrique B prend l'aspect d'un simple instrument de travail mathématique. Dans cette même théorie, il semble, réciproquement, que l'induction magnétique B ait une existence physique, alors qu'au contraire la quantité de magnétisme ne serait qu'un instrument de travail mathématique dépourvu de signification physique déterminée.

E. Brylinski.

Digitized by Google

Revues, analyses et informations

La distribution des températures dans les machines électriques (1).

On peut énoncer les lois qui régissent la distribution des températures sous une forme analogue à celle des lois de l'électricité :

1) Le flux de chaleur entre deux points est proportionnel à la différence de leurs températures et inversement proportionnel à la résistance du ou des chemins qui les relient. (Cf loi d'Ohm).

2) La température moyenne est la même pour tous les conducteurs qui joignent les deux points.

3) Il n'y a pour la chaleur ni isolants parfaits, ni conducteurs parfaits.

4) Les conductibilités électrique et calorifique varient de manière analogue. En gros, les bons conducteurs électriques sont aussi de bons conducteurs calorifiques. Pour les différentes matières utilisées en électrotechnique, il n'y a pas évidemment de relation rigoureuse entre les deux conductibilités, ni d'ailleurs d'exception notable à la règle ci-dessus.

5) L'élévation de température, en un point, par suite de la génération de chaleur dépend de la quantité totale de chaleur engendrée, et de la quantité de chaleur qui se dissipe par les différentes voies qui lui sont offertes. La température croit jusqu'à ce que la quantité de chaleur engendrée dans un temps donné soit égale à la quantité de chaleur dissipée dans le même temps.

6) On peut réduire la fuite de chaleur par une voie donnée : a) par l'interposition d'isolants; b) en réduisant les différences de températures, ou en élevant la température du conducteur.

La proposition inverse est évidente.

L'étude de la distribution des températures dans les machines électriques est très complexe, parce que la chaleur est engendrée de plusieurs façons différentes (par exemple, pertes dans le cuivre, pertes dans le fer, frottements.) On ne peut donc guère faire que des calculs approchés et fondés sur des expériences antérieures, et obtenir que des résultats généraux.

Pour montrer la façon générale dont cette étude doit être entreprise, considérons, par exemple, une section d'armature (fig. 1 — à dessein très schématique). Le point a, point médian du cuivre de la section, est évidemment celui qui présente la température la plus élevée.

Fuites de chaleur longitudinales. — La chaleur engendrée en a se dissipe d'abord par conduction le long de la section. Mais sur son trajet, elle s'ajoute à la chaleur engendrée sur ce même trajet. Par exemple, à travers le deuxième centimètre doit passer la chaleur engendrée dans le premier, et celle qui prend naissance dans le second. Il peut en résulter pour le passage de la chaleur une difficulté, et même une impossibilité. Par suite, la température du cuivre dans la région du point a peut être supérieure à celle du fer environnant, d'où dissipation de chaleur dans les tôles et leurs isolants, bien que les tôles soient déjà chaudes par elles-mêmes.

(1) B.-G. Lamme. *P. A. I. E. E.*, novembre 1916, t. XXXV, p. 1579-1597, 5 500 mots, 8 fig.

D'autre part, la température du fer est sensiblement uniforme, tandis que celle du cuivre décroit depuis le centre a de l'enroulement jusqu'aux boucles d'extrémités; à partir du point a, il se produit donc dans le cuivre une chute de température qui peut être telle qu'il se fasse un passage de chaleur du fer sur le cuivre; les boucles d'extrémité contribuent donc au refroidissement du noyau magnétique. Les choses se passent généralement ainsi à faible charge, parce que alors les pertes dans le cuivre sont faibles, les pertes dans le fer étant sensiblement constantes. Au contraire, aux charges moyennes et à pleine charge, la température du cuivre est supérieure à celle du fer, soit au milieu de l'enroulement, soit dans toute sa longueur, et il y a passage de chaleur de la section vers les tôles.

En résumé, il est à désirer que le refroidissement longitudinal de la bobine soit suffisant pour éviter le rayonnement de chaleur vers les tôles, ce qui nécessite une ventilation énergique des boucles terminales des sections.

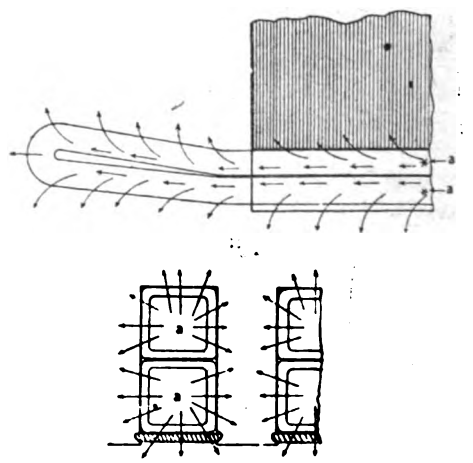


Fig. 1. — Coupe schématique d'une section d'armature sur laquelle les flèches indiquent le mode de dissipation de la chaleur.

Refroidissement latéral. — Le refroidissement latéral d'une section dépend évidemment de la différence de température entre elle et les parties voisines, ainsi que de la résistance thermique des isolants.

Considérons, par exemple, une encoche dans laquelle sont logés deux conducteurs superposés. La température du cuivre est de 100° C, celle du fer 70° C, celle de l'air ambiant 30° C.

Le conducteur le plus proche de l'entrefer rayonne vers l'air à travers la cale. La différence de température entre le cuivre et l'air est de 70° C. La température moyenne de la cale est comprise entre 30° C et 100° C.

D'autre part, la température qui règne à l'extérieur de l'isolant du conducteur placé au fond de l'encoche est sensiblement égale à la moyenne entre la température du fer et celle de l'isolant, ou pratiquement à celle du fer, soit encore 70° C environ.

Il suit de là que des mesures relevées sur l'isolant ne

Digitized by Google

donneront, en aucune manière, la température exacte du cuivre.

Par contre, entre les deux conducteurs, il ne peut évidemment s'établir de flux de chaleur à travers l'isolant, et une mesure faite en ce point donnera une valeur très approchée de la température du cuivre. C'est pourquoi, la meilleure méthode pour mesurer cette dernière est d'utiliser un couple thermo-électrique monté entre les deux conducteurs. Il ne faut pas oublier toutefois que la température la plus élevée est atteinte au milieu de la longueur de l'encoche; et, si cela est possible, on aura intérêt à disposer plusieurs couples le long des conducteurs et entre eux.

Avec des conducteurs minces, surtout si l'isolant est épais, le passage de chaleur se fait plutôt vers le fer. Le point central entre les isolants des deux conducteurs est plus chaud que le cuivre. Les deux conducteurs eux-mêmes ne sont plus à la même température.

Par suite, le chiffre relevé par la méthode exposée ci-dessus sera inférieur à celui de la température réelle qui s'établit au milieu du conducteur du fond de l'encoche. On ne peut donc relever qu'une mesure approximative.

Dissipation de chaleur dans le fer — Dans le fer, la chaleur peut se dissiper de deux manières, soit le long des tôles, vers leur tranche en contact avec l'air ou avec la carcasse, soit perpendiculairement aux tôles, à travers leur isolant (papier dans la plupart des cas).

D'une manière générale, la chaleur se propage une centaine de fois plus rapidement le long des tôles que dans le sens perpendiculaire. D'autre part, le flux perpendiculaire est fortement affecté par l'épaisseur de l'isolant et la perfection du contact qui dépend du serrage.

Par suite, en principe, la dissipation perpendiculaire devrait être négligeable. Cependant, dans la grande majorité des machines rotatives, à cause de la présence de canaux de ventilation formés en supprimant certaines tôles, à peu près toute la dissipation se fait dans ce dernier sens, le chemin offert au flux calorifique étant large et la densité du flux très faible,

Il faut remarquer, par contre, que, dans certains types de machines où les tôles sont d'une largeur réduite, on peut sans inconvénient supprimer les canaux d'aération, la chaleur étant, dans ce cas, entraînée le long de ces tôles.

Dissipation dans l'air. — En général, il existe une forte différence de température entre les parties métalliques de la machine, dont nous venons de parler, et l'air ambiant. Il tend à se former autour de la machine une couche d'air chaud qui forme isolant. D'où la nécessité d'une ventilation qui empêche la formation de cette couche. Mais il faut se rappeler que généralement la ventilation par la machine elle-même n'a pour effet que de faire repasser le même air au contact des parties métalliques, et, au plus, d'égaliser les températures des différentes parties. Dans la plupart des cas, il est nécessaire, pour déterminer un refroidissement effectif, d'évacuer l'air chaud et de le remplacer, au moyen d'une disposition convenable de conduite, par de l'air frais puisé en dehors de la salle des machines. Cette nécessité s'impose surtout pour les machines puissantes à grande vitesse.

Égalisation des températures. — Les températures différentes qui règnent dans les diverses parties de la machine tendent à s'équilibrer, surtout par passage direct le long des tôles et du cuivre. L'équilibre est atteint assez rapidement quand on arrête la machine. Il peut se produire plus rapidement que l'échauffement du thermomètre. Aussi devrait-on, quand on veut mesurer la température des parties tournantes, porter d'avance le thermomètre à une température sensiblement égale à la température de régime de la machine, pour autant qu'on peut la connaître. On peut ainsi compenser, d'une manière satisfaisante, la paresse de l'instrument.

Valeur des garanties et essais de température. — Dans les anciennes méthodes d'essai, on acceptait pour valable la mesure de la température d'un enroulement faite au thermomètre et prise, par exemple, dans la boucle d'extrémité. Des expériences cruelles ont montré aux électriciens à quel point ils s'illusionnaient à ce sujet. Néanmoins, on ne sait pas encore assez que la mesure des températures, là où elles peuvent être relevées, ne donne que des indications et non des certitudes. La boucle d'une section peut être, par exemple, à une température dépassant l'ambiante de 25°C, alors que le centre de la section sera à une température suffisante pour détruire les isolants; la machine pourra cependant être censée correspondre aux garanties.

De même, une machine, pour laquelle la garantie d'échauffement portera sur 40°C, sera refusée pour 41,5 et acceptée pour 38,5, bien que le chiffre relevé puisse ne correspondre à aucune réalité utile.

Sur ce point spécial, la seule méthode applicable est de comparer la machine étudiée à une machine de construction analogue — ayant fait ses preuves en service.

Il est bon également de s'assurer, au moyen du calcul, de la température maximum atteinte au point central des sections, de même que l'on peut calculer la tension aux bornes d'une génératrice d'après la différence de potentiel entre deux points des conducteurs. Mais, bien entendu, ce calcul et les déductions que l'on en tire ne peuvent être que des approximations, elles doivent être considérées comme telles et seule l'expérience en service peut permettre d'apprécier définitivement une machine.

Causes d'erreurs dans la mesure des températures. — Les méthodes, généralement admises comme exactes, ne donnent le plus souvent que des approximations assez grossières.

C'est ainsi que la méthode de résistance ne donne que la température moyenne du conducteur.

Si un quart de la longueur de ce dernier est à 80° C, les trois autres quarts étant à 30° C, la méthode de résistance donnera environ 40° C. On ne peut l'utiliser légitimement que pour peu de types de conducteurs.

La mesure par thermomètre donne de même des résultats erronés, à cause de la présence des isolants. Le cuivre étant à une même température, on trouvera dans une machine à basse tension et à isolant mince un chiffre supérieur à celui qu'on relèvera dans une machine à haute tension et à isolant épais.

De même, l'usage répandu de recouvrir le réservoir du thermomètre d'un tampon isolant fausse les résultats en empêchant le rayonnement et en obstruant le passage de l'air.

Une méthode bien préférable consiste à employer des bobines de résistance, aussi peu volumineuses que possible, que l'on place entre les conducteurs, ou entre les conducteurs et le fer. De la résistance de la bobine, on déduit la température à l'endroit où elle se trouve (fig. 2). Toutefois ces bobines sont assez longues et ne donnent par suite que la moyenne des températures développées entre leurs extrémités. Elles donnent cependant de bons résultats. Leur emploi a permis de reconnaître que, avec des isolants organiques, on ne devrait pas dépasser des températures de 80° ou 90° C.

Digitized by Google

Un procédé plus exact encore est fondé sur l'emploi de couples thermo-électriques. Mais ces derniers étant d'une masse très faible et d'une extrême sensibilité, il est nécessaire de prendre des précautions dans leur usage. En particulier, pour les parties tournantes, la durée du temps que

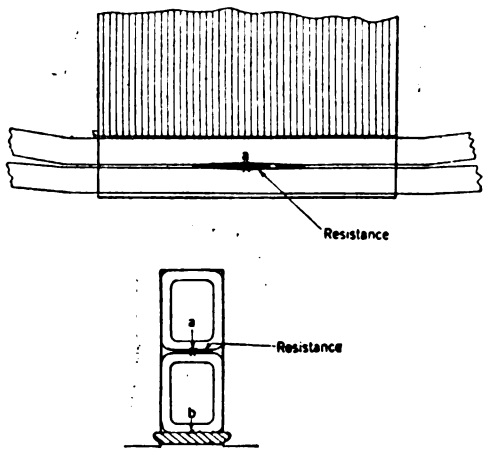


Fig. 2. — Bobine sonde dont l'augmentation de résistance donne la température de la partie de la machine dans laquelle elle est introduite.

la machine met à s'arrêter permet un refroidissement dont il faut tenir compte.

Conclusion. — Il est impossible avec les procédés actuels de mesurer avec précision la température des différentes parties des machines, en régime de marche. Les prescriptions des cahiers des charges n'ont donc qu'une valeur indicative. Un constructeur ne doit pas s'estimer quitte quand une mesure a donné un chiffre inférieur au chiffre prévu par les règlements ; un client ne devrait pas se formaliser d'un chiffre supérieur si sa machine assure un bon service.

En réalité, seul l'usage industriel peut permettre de juger une machine, ou les isolants qu'on a employés à sa construction.

Il n'y a pas de limite précise entre les bonnes et les mauvaises températures. Une température relevée par une méthode quelconque est acceptable quand elle est compatible avec la conservation et la bonne marche de la machine.

J. G.

L'éclat apparent; ses conditions et ses propriétés (1).

Le mémoire a pour objet de discuter quelques-unes des conditions et des propriétés de l'un des aspects de la conscience visuelle : l'*éclat apparent* ou *luminosité* des images rétiniennes. Par *éclat apparent*, l'auteur désigne l'éclat de l'image telle qu'elle apparaît à l'observateur donné (c'est ce qu'on appelle souvent : sensation d'éclat). Quoique l'éclat apparent des objets, pour un observateur, ne *réside* certainement pas uniquement dans le cerveau, on peut difficilement douter qu'il ne *dépende* pas complètement des processus physiologiques dont cet organe est le siège. L'éclat apparent d'un objet quelconque dépend : 1° de la distribution spatiale, pour chaque longueur d'onde, de l'énergie rayonnante provenant de l'objet qui atteint la cornée; 2° des propriétés de l'œil, envisagé comme une chambre, qui déterminent l'éclairement en tout point de la rétine; 3° de la sensibilité des récepteurs rétiniens au rayonnement de diverses longueurs d'onde; 4° de la relation entre le processus rétinien et l'excitation des fibres du nerf optique; 5° du caractère et du mode d'action de la conduction nerveuse; 6° de l'excitation des récepteurs ultimes dans le cerveau et de leur interaction.

Mesure de l'image rétinienne. — Helmholtz et ses contemporains ont fait une analyse précise de la dioptrique de l'œil, mais ont négligé plusieurs facteurs nécessaires à la connaissance de la constitution quantitative de l'*image rétinienne*, à partir du rayonnement qui pénètre dans l'œil. C'est cependant cette image rétinienne, considérée photométriquement, qui forme l'excitation réelle de la vision. Un facteur important à ce point de vue est la *grandeur de la pupille*, dont la méconnaissance peut entraîner des erreurs allant jusqu'à 1 600 pour 100 dans l'évaluation de l'intensité d'excitation. Dans ses recherches, l'auteur a fait usage d'une pupille artificielle d'aire connue; il a également trouvé commode d'exprimer toutes les mesures d'intensité en fonction d'une unité d'éclairement rétinien qu'il appelle le *photon* (c'est l'éclairement sur la rétine de l'œil, pour une accommodation convenable, d'une source excitatrice de petite surface dont l'éclat est d'une bougie par mètre carré, quand l'aire de la pupille effective, supposée dans le plan de symétrie de l'œil, est de 1 mm²). L'intensité d'une source lumineuse, évaluée en photons, peut être appelée son *intensité physiologique*. Si l'on désigne par I l'éclat photométrique d'une surface excitatrice et par i l'éclat de l'image rétinienne correspondante, le calcul conduit à la formule suivante :

$$(1) \qquad i = 0{,}00{,}16\,\frac{p\,t\,d^2\cos\Phi}{(d-x)^2}\,I + A$$

où p désigne l'aire d'une pupille artificielle à une distance x du plan nodal de l'œil, t le coefficient de transmission de l'ensemble de l'œil pour le rayonnement envisagé, d la distance de la source de lumière au plan nodal, Φ l'angle entre la normale à la pupille et la ligne de visée, et A un facteur de correction embrassant les effets de diffusion, de fluorescence, etc.

Sensibilité rétinienne. — Le mécanisme exact de l'excitation rétinienne reste encore à étudier, mais un certain nombre d'hypothèses paraissent bien établies. Tout d'abord, il y a deux processus rétiniens indépendants, ceux des cônes et des bâtonnets dont les effets se combinent. De plus, la réponse semble être un phénomène photochimique lié à des effets de la résonance moléculaire ou atomique et elle suppose probablement des changements dans le degré d'ionisation des substances contenues dans les récepteurs. Ces dernières hypothèses reposent sur l'étude du pourpre rétinien, sur les phénomènes électriques présentés par l'œil et sur les propriétés générales des radiations et de la matière. Les mêmes considérations servent de base aux déductions suivantes : la réponse sélective de l'œil aux radiations de différentes longueurs d'onde (courbe de visibilité) dépend principalement de la sélection photochimique de la rétine. L'adaptation ou le changement général

(1) Leonard Thompson Troland. *Transactions of Illuminating Engineering Society*, décembre 1916, t. XI, p. 947-966, 1 050 mots, 5 fig., 1 tab.

Digitized by Google

dans la sensibilité aux radiations de toutes les longueurs d'onde, est liée à un changement dans la *concentration* des substances sensibles à la lumière que contient la rétine Si l'on représente par s la concentration en question, par m le coefficient de sélection $[m = f(\lambda)]$, et par q l'intensité de la réponse rétinienne, on peut écrire,

$$q = msi \qquad (2)$$

i ayant la même signification que dans (1). La plupart des théories de l'action rétinienne considèrent q comme un taux de décomposition de la substance sensible, en sorte que

$$-\frac{ds}{dt} = msi. \qquad (3)$$

Cette équation représente, tout au moins schématiquement, la théorie de Hering et elle nécessite évidemment que l'excitation constante d'une portion élémentaire de la rétine entraîne finalement un épuisement complet du processus visuel, c'est-à-dire que la vision soit self-destructrice. En réalité, des expériences soignées de l'auteur ont montré que la fixation prolongée d'une source de lumière entraîne la réduction de l'éclat apparent de son image vers une valeur asymptotique, mais, quand on emploie des intensités suffisamment élevées, cette valeur n'est jamais nulle (pour des intensités inférieures à 6 photons elle est au-dessous du seuil de la sensation). — Les physiologistes ont longtemps porté un grand intérêt aux fluctuations de visibilité présentées par les objets examinés sous des conditions convenables. Les expériences de l'auteur ont établi que, pour des intensités supérieures à 6 photons, sur fond sombre, ces fluctuations sont dues à des contractions spontanées et des dilatations de la pupille. — La théorie photochimique simple, dont on a indiqué ci-dessus le principe, peut être compliquée de manière à faire intervenir constamment un apport nouveau de substance sensible. Il suffit d'admettre un processus de réparation, a, suivant l'équation :

$$a = r - cs \qquad (4)$$

où r et c sont des constantes, en sorte que

$$\frac{ds}{dt} = r - (c + mi)\, s, \qquad (5)$$

En envisageant les conséquences de cette dernière équation en accord avec les principes d'action de masse, on arrive à des résultats qui sont, au moins qualitativement, en harmonie avec les faits. Par exemple, on trouve que le changement de sensibilité de la rétine, sous l'influence du rayonnement, doit suivre la loi

$$s = \frac{1}{b}\left[r + e^{-b(t+k)}\right] \qquad (6)$$

où $b = c + mi$ et k est une constante. Cette loi est certainement exacte dans sa forme générale.

L'intensité de la réponse rétinienne au moment de l'équilibre, pour une excitation d'intensité i, est donnée par l'équation

$$q = \frac{rmi}{c + mi}. \qquad (7)$$

L'analyse montre qu'une relation de cette forme rend compte qualitativement, non seulement de la loi logarithmique de Fechner qui lie l'excitation à la réponse, mais aussi des écarts à cette loi.

Sélection rétinienne pour l'éclat. — La variable s est certainement un facteur important de l'éclat. Il en est cependant un autre, d'importance peut-être plus grande, le coefficient m de l'équation (2) qui varie avec la longueur d'onde excitatrice et dont la valeur dépend, en premier lieu, de ce qu'on nomme la visibilité de la radiation envisagée. En accord avec la dualité de la théorie des cônes et des bâtonnets dans la fonction rétinienne, il est nécessaire de supposer que s et m représentent d'une manière générale la somme de deux quantités indépendantes, l'une relative aux cônes, l'autre aux bâtonnets.

Les courbes de visibilité moyenne obtenues par Nutting et Yvès s'appliquent aux cônes. Ces courbes, sensiblement symétriques, présentent une légère dépression du côté du bleu. Ces courbes, comme toutes celles qui traduisent des propriétés photochimiques, reposent sur la considération d'éclats apparents. Mais, pour appliquer la courbe de visibilité au processus rétinien, il semble nécessaire de la corriger de la *transmission sélective de l'œil*. Cette transmission, comprenant celle du milieu oculaire et de la tache jaune, est représentée sur la figure 1 et l'influence de la

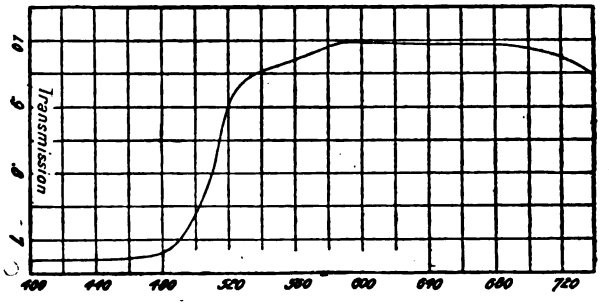


Fig. 1. — Transmission des différentes longueurs d'onde, exprimées en millièmes de micron, par l'œil, de la cornée à la couche sensible de la rétine.

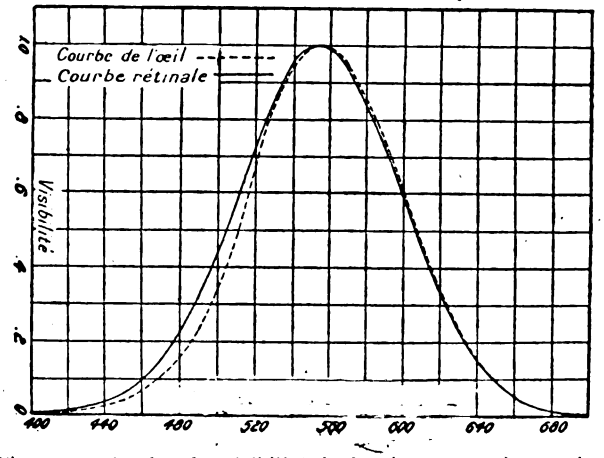


Fig. 2. — Courbe de visibilité de Nutting et courbe corrigée en tenant compte de la transmission sélective de l'œil; les abscisses donnent les longueurs d'onde en millièmes de micron.

correction sur la courbe de visibilité de Nutting est montrée sur la figure 2. La *courbe de visibilité rétinienne*

Digitized by Google

résultante est presque parfaitement symétrique et sensiblement représentée par la relation

$$(8) \qquad v = e^{-0,000\,2703\,(\lambda - 534,9)^2}.$$

La symétrie frappante de cette courbe de visibilité des cônes conduit presque naturellement à admettre, d'après M. Troland, que la luminosité provient d'un processus photochimique simple dont le siège est dans la rétine, et ne doit pas être attribuée à la résultante des intensités de réponse de processus colorés au nombre de trois ou davantage.

Effets de Purkinje. — Les déductions précédentes, relatives à l'indépendance des phénomènes de la vision colorée, ne sont valables que pour les processus qui se rapportent aux cônes, en dehors de l'activité des bâtonnets. Autrement dit, elles sont valables pour la tache centrale, libre de bâtonnets, aux intensités supérieures à 60 photons. Sous d'autres conditions, ou bien les bâtonnets, fonctionnent seuls, auquel cas la vision colorée est absente, ou bien les deux processus se combinent de manière que l'éclat apparent et ses propriétés soient l'expression de deux séries de quantités physiologiques, les degrés de participation relative dépendant de l'intensité absolue, de la longueur d'onde et de la position de l'image sur la rétine.

L'effet de Purkinje et les effets connexes, liés à la transition de la vision des cônes à celle des bâtonnets sont d'une importance considérable pour l'ingénieur, parce qu'ils doivent être envisagés dans la définition des unités de lumière et l'étalonnage des méthodes photométriques. L'opinion courante parmi les physiologistes est que l'accroissement de visibilité relative de la lumière bleue, comparée à la lumière rouge, qu'entraîne une diminution de l'intensité absolue, pour de vastes champs de vision, est absente lorsque la vision est strictement confinée au centre de la rétine. C'est donc dans ces conditions qu'il faudra se placer pour faire des mesures de visibilité des cônes.

Facteurs cérébraux. — Sur le mécanisme de la conduction du nerf optique, notre ignorance est pratiquement complète. Il est probable que l'impulsion nerveuse est formée d'une perturbation ionique et que le stimulant du tissu nerveux est une différence de potentiel électrique.

L'auteur est d'avis que les cônes et les bâtonnets sont des sortes de cellules électrolytiques, analogues aux organes électriques de certains poissons, la différence de potentiel aux deux extrémités de la cellule étant liée à la quantité de lumière absorbée. Il reste d'ailleurs beaucoup à apprendre à-dessus.

L'importance de tous ces problèmes au point de vue photométrique ne saurait être exagérée. Elle résulte de ce que l'on compare toujours, en définitive, deux sensations. Et les facteurs physiologiques devraient intervenir dans la définition de l'unité de lumière.

Par suite de l'incertitude qui existe actuellement au sujet de l'identité des résultats fournis par les différentes méthodes photométriques, il semble nécessaire de spécifier, dans la définition de la lumière, la méthode photométrique à employer. Les valeurs que fournit le photomètre à scintillation sont incontestablement les mêmes que celles obtenues par comparaison directe, lorsque les différences de couleur sont absentes. Par suite, et à cause de la supériorité de la méthode de scintillation pour la photométrie hétérochrome, il semble bon de définir la lumière en fonction des résultats de cette méthode. La photométrie monochromatique n'est qu'un cas particulier de la photométrie en général.

Photomètre a scintillation. — L'auteur a fait diverses recherches sur le photomètre à scintillation. Il a étudié, en particulier, la vitesse à laquelle doivent être alternées les sources d'excitation pour éliminer tout juste le papillotement dû à la différence de couleur. L'auteur a effectué des mesures de cette fréquence de scintillation sur le spectre entier, pour des intensités allant de 6,4 à 1 650 photons et avec des étalons de diverses teintes. Les courbes spectrales

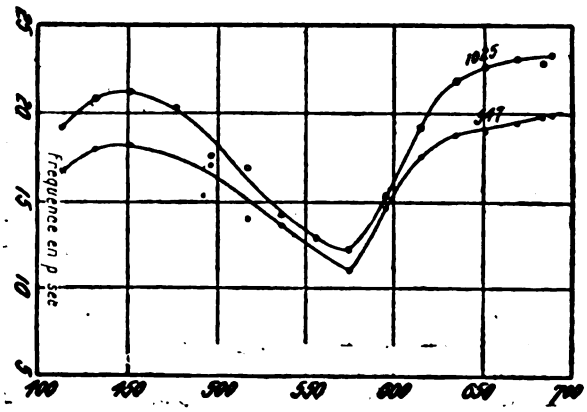


Fig. 3. — Fréquence du photomètre à scintillation en fonction de la longueur d'onde exprimée en millièmes de micron, pour deux intensités.

obtenues avec un étalon blanc à 1 025 et à 547 photons sont représentées sur la figure 3.

Les courbes sont régulières, avec un minimum vers 575 $m\mu$.

Un changement considérable de teinte de l'étalon ne modifie que légèrement la position du minimum.

L'auteur a également constaté que la relation entre la fréquence de scintillation et l'intensité absolue i est de la forme

$$f = b\,i^a,$$

a et b étant des constantes liées à la longueur d'onde.

B.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

La Houille blanche dans les Pyrénées

ÉTAT ACTUEL DE SES APPLICATIONS *(Suite et fin)*

La première partie de cet article, parue dans le numéro précédent, donnait une énumération et une description détaillées des usines hydrauliques des départements des Basses-Pyrénées, des Hautes-Pyrénées et de la Haute-Garonne; la seconde partie, que nous publions ci-dessous, termine cette étude en examinant les usines des départements de l'Ariège, de l'Aude et des Pyrénées-Orientales.

IV. — Département de l'Ariège (1).

1 et 2. — Ces deux usines sont équipées exactement de la même manière. Elles comportent chacune trois groupes égaux susceptibles d'absorber séparément 10 000 litres, c'est-à-dire que chaque usine peut prendre 30 000 litres, quand ce débit est dans la rivière. Les puissances réalisables indiquées sont donc des maxima. Au moment de l'étiage, le débit de l'Ariège étant réduit à 13 000 litres, les puissances réalisables s'abaissent jusqu'à 780 et 650 ch. — Le courant produit est du triphasé, 600 v, 50 périodes, qui est transformé à 10 000 v pour son transport aux usines de la Société métallurgique de l'Ariège, à Pamiers (11 km), auxquelles il fournit de la force motrice.

Les usines de Crampagna et de Les Rives sont aussi aménagées en vue de la traction du tramway de Pamiers à Pailhès. — Ces usines, surtout celle de Crampagna, ont servi jadis à des fabrications électrochimiques (carbure de calcium, ferro-silicium, zinc, etc.)

3. — Ce haut fourneau est abandonné.

4. — Le débit moyen de l'Ariège, au barrage de Mercus, atteindrait, grâce aux régularisations d'Orlu et d'Auzat, 30 000 litres, sauf en octobre et novembre, mois des basses eaux; par contre, pendant six mois, il dépasserait 45 000 litres. Cependant, ces estimations n'ont pas été contrôlées d'une façon rigoureuse sur place; elles sont, peut-être, un peu élevées.

L'usine possède deux turbines de 1 000 ch; une troisième de 2 500 ch est en cours d'installation. De plus, des travaux récents permettront de développer, à Mercus, une puissance qui variera de 3 000 à 6 000 ch suivant le débit de l'Ariège. L'usine fabrique du corindon artificiel employé à la fabrication des meules dites « émeri », ainsi qu'à d'autres usages abrasifs.

5. — L'usine d'Urs est située à 3 km en aval de Luzenac. La quantité d'eau utilisée comme force motrice n'est connue qu'approximativement. L'usine possède deux turbines, de 170 et 220 ch, accouplées directement à des alternateurs de même puissance donnant du triphasé, 5 000 v, 50 périodes, et qui absorbent respectivement 4 000 et 5 400 litres. Toute la force est transportée à Luzenac, où elle est employée au broyage du talc.

Le débit de l'Ariège qui, lors des étiages, peut s'abaisser jusqu'à 3 500 litres, ne permet pas de marcher régulièrement avec les deux groupes électrogènes.

6. — L'usine de Luzenac possède trois turbines; la chute sera portée à 8 m.

7. — L'eau est amenée par un tuyau de 2,30 m de diamètre et de 550 m de longueur. Elle actionne trois turbines de 700 ch et une de 500, à axes horizontaux, mettant chacune en mouvement une dynamo produisant le courant destiné au chauffage de sept fours. On chauffe un four seulement avec les eaux d'étiage, trois avec les eaux moyennes et sept avec les eaux de crues. L'usine possède, en outre, une turbine de 120 ch pour l'éclairage et la force motrice.

Elle fabrique, en moyenne, 3 t de carbure de calcium par jour. La chaux employée provient des fours de la région d'Ussat.

8. — Le débit indiqué (5 000 litres) n'est atteint qu'une partie de l'année; la puissance installée (300 ch) n'est donc entièrement utilisée qu'à certaines époques, car il n'y a aucune réserve. L'usine possède trois turbines à axe vertical, de 100 ch chacune, actionnant directement des dynamos à courant continu, de 500 v, qui alimentent les services mécaniques des hauts fourneaux de Tarascon.

Par suite des variations de débit du Viedessos, la puissance de l'usine doit varier entre 100 et 300 ch.

9. — Cette usine fabrique surtout des faux et des fers ouvrés. Le canal d'amenée, d'une assez grande longueur, débite, en moyenne, 2 500 l : sec, mais il peut assurer l'écoulement d'un volume supérieur; il débouche dans un bassin régulateur de 2 000 m^3 environ. Les eaux mettent en mouvement deux turbines à axe vertical et huit roues à palettes.

10. — Les eaux qui alimentent l'usine d'Auzat proviennent de captations faites sur divers affluents du Viedessos : les ruisseaux d'Artiès, du Mounicou, de Lartigue et de Bassiès. Ces eaux sont conduites dans un bassin de mise en charge au moyen d'une longue canalisation (20 km) en tôle, en ciment armé ou en maçonnerie. De plus, dans le but de régulariser le débit du Viedessos, qui possède un régime torrentiel, on a aménagé en réservoirs l'étang de Fourcat (sur le ruisseau d'Artiès) et l'étang Majou (sur le ruisseau de Bassiès); le premier de ces deux étangs permet de réaliser une réserve de 4 millions de mètres cubes, et le second 2 300 000, soit, en tout, 6 300 000 m^3.

En outre, une prise d'eau à la sortie de l'étang de Bassiès donne, en ce point, et sous une chute de 100 m, une puissance supplémentaire de 1 200 ch que l'on transporte à l'usine.

(1) Voir le tableau de la page 813.

Digitized by Google

Dans celle-ci se trouvent 10 turbines de 1 500 ch, 6 de 500 ch et une de 200 ch, toutes à axe horizontal, qui actionnent alternateurs et dynamos. Il y a aussi une vingtaine de petites turbines, représentant une puissance totale d'environ 200 ch, qui servent à faire mouvoir les pompes et autres appareils mécaniques. Il résulte de cette énumération que la puissance installée à Auzat est de près de 16 000 ch.

11. — La puissance de la chute d'Orlu, produite par le ruisseau de Gnoles, émissaire du Lac de Naguille, est caractérisée par la masse d'eau qui peut être accumulée dans ce réservoir, plutôt que par l'estimation d'un débit. Ce lac, situé à l'altitude de 1 854 m et d'une superficie de 60 hectares environ, a été fermé au moyen d'un barrage, ce qui a permis de relever le plan d'eau de 10 m. Le tunnel de prise d'eau y débouche à 17 m au-dessous du niveau primitif; il en résulte que l'on peut disposer d'une tranche d'eau de 27 m d'épaisseur, laquelle correspond à un volume de 13 millions de mètres cubes. Tout récemment, la Société pyrénéenne a surélevé de 2 m le mur de barrage, ce qui lui a procuré une augmentation de réserve d'eau de 1 300 000 m³.

Grâce à cet aménagement, le lac peut fournir 32 millions de kilowatts-heure par an, soit une *puissance permanente*, pour une année de 8 000 heures, de 4 000 kw ou 5 450 ch.

L'usine possède 5 turbines de 3 500 ch, actionnant autant d'alternateurs de 2 400 kv-a; sa *puissance instantanée* ou maxima est donc de 5 × 3 500 ch sur les turbines ou de 5 × 2 400 kv-a sur les alternateurs.

La chute indiquée dans le tableau (940 m) est une *chute brute*.

Les alternateurs fournissent du triphasé à 5 000 v et 50 périodes, qui est aussitôt transformé à 55 000 v.

Les lignes primaires, qui conduisent ce courant à 55 000 v, le long de la vallée de l'Ariège jusqu'à Toulouse par Tarascon, Foix et Pamiers, dans le Tarn jusqu'à Castres et dans l'Ariège à Lavelanet, ont une longueur de 210 km.

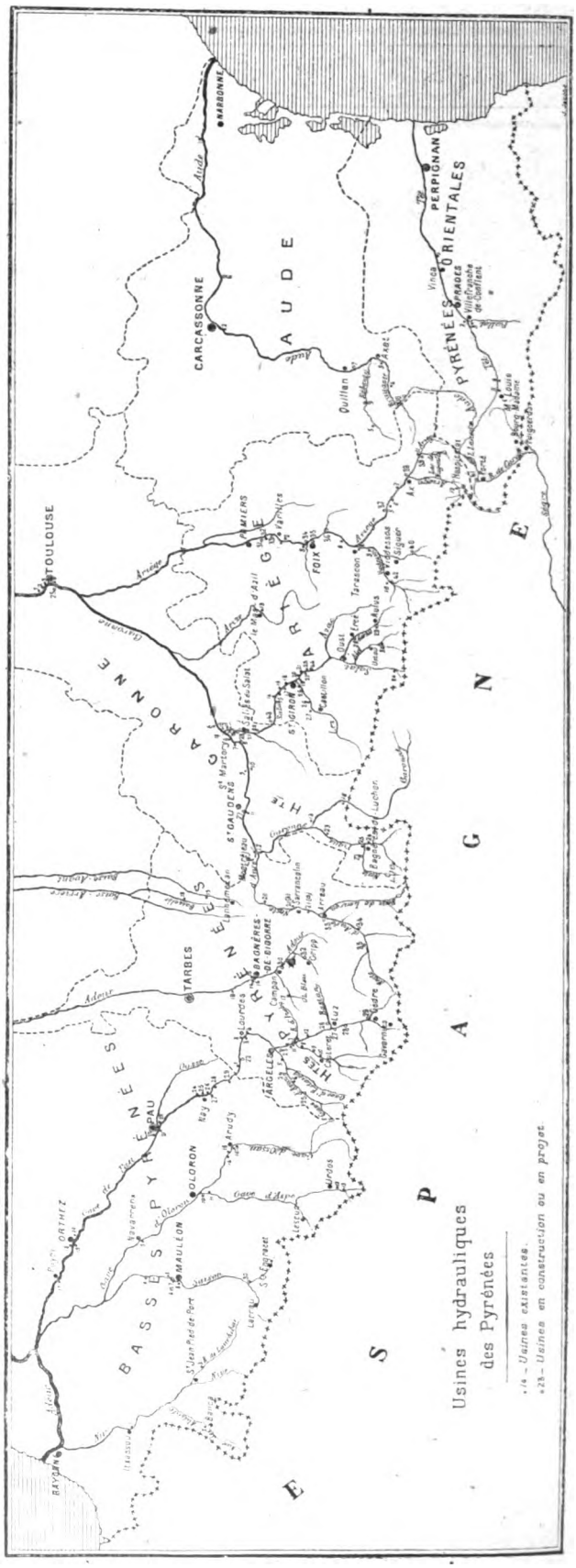
Des réseaux secondaires, à 25 000 et 13 000 v, d'une longueur de 1 200 km, desservent 140 communes des départements de l'Ariège, de la Haute-Garonne, du Gers, du Tarn-et-Garonne, de l'Aude et du Tarn. La ville de Toulouse est éclairée directement par la Pyrénéenne en dehors de l'enceinte de l'octroi; l'intérieur de la ville est alimenté par le Bazacle qui emprunte 2 000 kw à la Pyrénéenne pour passer les pointes.

La puissance d'Orlu sera ultérieurement accrue par la réunion du Lac de Naguille avec celui d'En-Beys, plus élevé de 100 m et qui se trouve dans la haute vallée de l'Ariège. Les études relatives à ce projet sont terminées; les travaux commenceront incessamment. Le nombre de groupes électrogènes de 3 500 ch sera porté à 9.

L'usine d'Orlu, quoique de création relativement récente, a été la première installation de grande puissance des Pyrénées. Sa chute est, encore aujourd'hui, la plus élevée de celles qui existent en France.

12. — L'usine de l'Hospitalet, située au confluent du ruisseau de Sisca avec l'Ariège, possède 2 turbines et 2 dynamos donnant du courant à 8 000 v que des transformateurs réduisent à 500. L'énergie produite sert aux travaux du transpyrénéen d'Ax-les-Thermes à la frontière d'Espagne et, tout particulièrement, au percement du tunnel du Puymorens. Une partie de la force est envoyée à Porté, à 17 km de l'Hospitalet, ce qui permet d'attaquer le souterrain des deux côtés à la fois.

13. — La Société de l'Arize possède une deuxième usine de 500 ch (5 m de chute et 9 000 litres de débit), située à Bonac, près Pamiers, sur l'Ariège, et une troisième de 300 ch (chute de 3,50 m et débit de 9 000 litres) à Carbonne,



La « Houille blanche » dans les Pyrénées.

Digitized by Google

sur la Garonne: cette dernière fonctionne depuis peu. L'usine du Mas d'Azil et celle de Bonac marchent en parallèle; leurs réseaux, à des voltages différents (5 000 v au Mas d'Azil et 10 000 v à Bonac), sont reliés par l'intermédiaire d'un tranformateur situé à Pailhès. Au moyen de ses trois usines, la Société de l'Arize fournit du courant pour éclairage et force motrice dans la région comprise entre l'Ariège, la Garonne et le Salat.

14. — Pas d'autre indication sur cette usine.

15 et 16. — L'usine de Lorp est très ancienne, c'est le

TABLEAU IV. — *Département de l'Ariège.*

Nos D'ORDRE	COURS D'EAU	COMMUNES ET NOMS DES USINES	PROPRIÉTAIRES LOCATAIRES OU EXPLOITANTS	VOLUMES DES EAUX MOTRICES PAR SECONDE	HAUTEURS DE CHUTE	PUISSANCES brutes	PUISSANCES réalisables	PUISSANCES installées	PRODUCTION DE L'USINE
				litres	metres	chevaux	chevaux	chevaux	
1	Ariège.	Varilhes (usine de Les Rives).	Société métallurgique de l'Ariège.	30 000	6	2 400	1 800	1 800	Energie électr.
2	Id.	Crampagna.	Id.	30 000	5	2 000	1 500	1 500	Energie électr.
3	Id.	Foix.	Berdoulet.	3 580	3,50	165	125	120	Haut fourneau.
4	Id.	Mercus.	Société du borocarbone.	30 000	16,25	6 500	4 875	2 000	Produits abrasifs.
5	Id.	Urs.	Société des talcs de Luzenac.	9 400	4,25	530	400	390	Energie électr.
6	Id.	Luzenac.	Id.	9 000	5	600	450	120	Broyage du talc.
7	Id.	Perles et Castelet.	Soc. hydro-électrique des Pyrénées.	4 000 à 10 000	30	1 600 à 4 000	1 200 à 3 000	3 000	Carbure de calcium.
8	Vicdessos.	Tarascon.	Société métallurgique de l'Ariège.	5 000	6	400	300	300	Energie électr.
9	Id.	Niaux.	Blazy.	2 500	7,50	250	190	140	Instruments aratoires.
10	Vicdessos.	Auzat.	Cie des produits chimiques d'Alais et de la Camargue	3 000	420	16 800	12 600	16 000	Chlorates, aluminium, carbure de calcium, etc.
11	Ruisseau de Gnoles et Lac de Naguille.	Orlu.	Soc. Pyrénéenne d'énergie électrique.		940		5 450	17 500	Energie électr.
12	Ruisseau de Sisca et de Pédourès.	L'Hospitalet.	Thévenot.	250	400	1 300	1 000	1 000	Mise en mouvement de machines-outils.
13	Arize.	Le Mas d'Azil. (Usine de la Grotte).	Société d'électricité de l'Arize.	2 chutes : 350 / 900	33 / 13	155 / 155	115 / 115	100 / 100	Energie électr.
14	Salat.	Taurignan-Castel (usine de Roquelaure.)	Bernère.	6 000	2	160	120	120	Papeterie.
15	Id.	Sentaraille. (Usine de Lorp).	Vve Ph. Bergès.	10 000	3,50	465	350	300	Papeterie.
16	Id.	St-Lizier (usine de Pourlaude).	Id.	10 000	4	535	400	350	Papeterie.
17	Id.	Saint-Lizier.	Second.	10 000	3,50	465	350	150	Filature et Moulin.
18	Id.	Saint-Lizier. (Papeterie de St-Lizier.)	Id.	10 000	4	535	400	250	Papeterie.
19	Id.	Saint-Girons. (usine du Bourg.)		5 000	2,75	180	135	120	Moulin à farine et énergie électr.
20	Id.	St-Girons (usine du Château).		4 500	2,20	130	100	100	Moulin à farine et énergie électr.
21	Id.	Saint-Girons (usine de l'Arial).	Société Job.	5 000 à 15 000	1,90	125 à 380	95 à 285	160	Energie électr.
22	Id.	Eycheil (usine de la Moulasse).	Id.	5 000 à 15 000	3,70	245 à 735	185 à 555	500	Papeterie.
23	Id.	Eycheil (usine de la Porte de Fer).	Id.	4 000 à 4 500	2,55	135 à 150	100 à 115	110	Energie électr. et fibre de bois.
24	Salat et Ruisseau de Cougnets.	Couflens. (Salau).	Matussière et Forest.	700	70	650	500	500	Pâte mécanique.
25	Lez.	St-Girons (papeterie du Plagnol).	Boutou et Lasvignes.	3 000 à 6 000	2,80	110 à 225	85 à 170	120	Papeterie.
26	Id.	Engomer (anciennes forges d'Engomer).	L. Martin.	3 000	7,85	315	235	200	Papeterie.
27	Id.	Arrout.	Tramways du Saint-Gironnais.	3 500	18	840	630	400	Energie électr.
28	Garbet.	Ercé.	Id.	800	50	535	400	350	Energie électr.
29	Le Fouillet.	Aulus.		110	95	140	105	100	Energie électr.
30	Alet.	Ustou. Bocard d'Estillon.		500	85	565	425	350	Bocard à minerai.
		TOTAUX.....				38 915 à 42 190	34 735 à 37 195	48 250	

Digitized by Google

TABLEAU IV. — *Département de l'Ariège.* (Suite.)

Nos D'ORDRE	COURS D'EAU	COMMUNES ET NOMS DES USINES	PROPRIÉTAIRES, LOCATAIRES OU EXPLOITANTS	VOLUMES DES EAUX MOTRICES PAR SECONDE	HAUTEURS DE CHUTE	PUISSANCES brutes	PUISSANCES réalisables	PUISSANCES installées	PRODUCTION DE L'USINE
			Usines en construction ou en projet.						
				litres	metres	chevaux	chevaux	chevaux	
31	Ariège.	Bénagues. (Guilhot).	Subra.	30 000	3,50	1 400	1 000		Instruments aratoires.
32	Id.	Bénagues. (Guilhot).	Société métallurgique de l'Ariège.	30 000	10	4 000	3 000		Energie électr.
33	Id.	Rieux-de-Pelleport. (Moulin de Rieux).	Vve Faur.				300		Energie électr.
34	Id.	Foix.	Id.	9 000	3,30	395	300		Energie électr.
35	Id.	Foix.	Id.	13 000	50	8 500	6 500		Energie électr.
36	Id.	St-Paul-de-Jarrat (usine de St-Antoine).	Société métallurgique de l'Ariège.	9 000	10	1 200	1 000	2 600	Fonte synthétique.
37	Id.	Albiès.	Société des talcs de Luzenac.	9 500	8	1 000	780		Energie électr.
38	Id.	Ax-les-Thermes.	Cie des chemins de fer du Midi.	1 000	300	4 000	3 000		Energie électr.
39	Oriège.	Orlu.	Soc. Pyrénéenne d'énergie électr.	1 000	100	1 300	1 000		Energie électr.
40	Torrents de Gniouère et de Brouquenat.	Siguer.	Soc. Pyrénéenne d'énergie électrique.				8 000	30 000	Energie électr.
41	Ruisseau de Font-Vive et Lac Lanoux.	Porté.	Compagnie des chemins de fer du Midi.		600				Energie électr.
42	Affluents du Vicdessos.	Auzat.	Cie des Produits chimiques d'Alais et la Camargue.				4 600		Chlorates, aluminium, carbure de calcium, etc
43	Salat.	Lacave.	Boussion et Cie.	11 000	2,60	380	285		Chaux et ciments.
44	Id.	Lacourt (forges de Lacourt).	Société Job.	2 400	8	255	190		Energie électr.
			TOTAL.....				29 955		

berceau d'Aristide Bergès; celle de Pourlande fut créée plus tard, vers 1880. Le barrage est commun et situé à 500 m en amont de Pourlande; la même eau alimente d'abord cette usine, puis celle de Lorp, située à 300 m en aval de la précédente.

17. — Rien à ajouter.

18. — La prise d'eau est située à 800 m en amont de celle de Pourlande et de Lorp.

La papeterie de Saint-Lizier, comme celles de Pourlande et de Lorp, fabrique des papiers fins : papiers à cigarettes, papiers mousselines, pelures, etc..., et, depuis quelque temps, des cotons à nitrer.

— Les 4 usines précédentes (nos 15, 16, 17 et 18) utiliseront, un jour prochain, 1 4 000 litres; elles pourront donc développer environ 500 ch.

19 et 20. — Les usines du Bourg et du Château sont fort anciennes; elles existaient au XIVe siècle; celle du Bourg avait été concédée à l'Ordre des Templiers, celle du Château dépendait de Saint-Girons. Le courant qu'elles fournissent sert à l'éclairage de cette ville.

21. — Usine également très ancienne. Jadis carderie et filature de laine, puis scierie à bois et à marbre, elle fut acquise par la maison Bardou-Job et Pauilhac, qui la fit reconstruire en 1893, et l'organisa en station génératrice d'électricité en vue d'augmenter, au moyen d'un transport de force, la puissance de l'usine de la Moulasse.

L'usine de l'Arial utilise tout le débit du Salat. Elle possède une turbine et deux dynamos génératrices.

22. — La Moulasse, située sur la rive gauche du Salat, à 3 500 mètres en amont de Saint-Girons, date du début du XIXe siècle. Ce fut d'abord une papeterie et une filature d'assez grande importance. En 1875, à la suite d'un incendie qui détruisit l'usine et de la grande crue qui emporta le barrage, l'installation fut entièrement refaite par la maison Bardou-Job et Pauilhac qui, depuis, y fabrique uniquement du papier à cigarettes.

Cette usine possède 11 turbines et la puissance de 500 ch peut y être réalisée pendant huit mois, grâce à l'apport d'énergie venant de l'Arial et de la Porte-de-Fer (v. n° 23). Par suite de cette disposition, la production de l'usine, qui est considérable, peut être aussi sensiblement constante. Le courant venant de l'Arial et celui qui vient de la Porte-de-Fer actionnent chacun deux dynamos réceptrices. Le nombre de machines à papier est de trois.

23. — Cette usine, située en amont de la Moulasse, envoie à celle-ci du renfort pendant 1,5 à 2 mois. Le reste de l'année, elle fabrique de la fibre de bois pour emballage.

24. — Usine de création récente.

25. — La papeterie du Plagnol fabrique exclusivement du papier à cigarettes. — Elle utilise aussi, par transport électrique, une deuxième chute située en amont, au faubourg de Lédar.

26. — Ancienne usine, créée en 1808 par décret impérial daté du camp de Madrid, pour la fabrication des projectiles de guerre. Elle fut transformée en papeterie il y a une quarantaine d'années. Actuellement, on y fabrique du papier bulle et du papier mince pour emballage.

27 et 28. — Les puissances de ces deux usines, qui servent à la traction des tramways, pourraient être sensiblement augmentées.

Digitized by Google

29. — Éclairage d'Aulus.

30. — Située à 3 km en amont d'Ustou, au confluent de l'Alet et de l'Ossèze. — Un alternateur triphasé à 220 v. —

31. — La captation de cette chute serait destinée à développer une fabrique d'instruments aratoires déjà existante, ce qui ne prendrait qu'une faible partie de l'énergie (100 ch environ); le reste pourrait recevoir une autre utilisation.

32. — Usine en construction; les travaux sont assez avancés (1). Les valeurs du débit et de la chute ne sont qu'approximatives.

33. — Le projet consisterait à augmenter la puissance d'un moulin en vue de fournir de l'énergie, sans doute aux usines de Pamiers.

34. — Cette usine est en construction; elle utilisera toute la puissance disponible.

35. — Primitivement, cette usine, qui n'est encore qu'à l'état de projet, devait prendre les eaux de l'Ariège à 10 km en amont de Foix, un peu à l'aval du village de Mercus, au moyen d'un canal pouvant écouler 12 à 14 m³ : sec. Elle sera établie près de la gare de Foix et la chute avait tout d'abord été prévue égale à 70 m, ce qui eût permis d'obtenir une puissance de près de 10 000 ch.

Toutefois, à cause des travaux exécutés à Mercus par la Société du Boro-Carbone, la prise d'eau devra être, sans doute, reportée vers l'aval et la chute ne sera plus que de 55 m. De même, à Foix, la création de l'usine d'électricité (nº 34) reportera l'installation dont nous parlons à près de 1 km à l'amont. Finalement, la chute ne serait plus que de 45 à 50 m, ce qui réduirait encore la puissance.

L'énergie électrique produite par cette usine servira à élever, en différents points, les eaux de l'Ariège pour l'arrosage de la partie basse du département de ce nom. L'excédent pourra être utilisé par les services publics.

36. — Ancienne usine à papier, récemment acquise par la Société métallurgique de l'Ariège, qui y installe trois fours électriques destinés à la fabrication de la fonte synthétique au moyen de tournures de fonte. L'usine possède une turbine de 1 000 ch, deux de 500, une de 400 et une de 200. La totalité de la puissance sera utilisée. — Le volume d'eau indiqué (9 000 litres) est celui qui était pris par la papeterie. Les puissances installées paraissent indiquer que la nouvelle usine se propose de prendre à la rivière une quantité d'eau sensiblement plus considérable, ce qui est parfaitement possible, le débit d'étiage de l'Ariège dans cette région, étant d'environ 10 m³ et son débit moyen de 40 m³.

37. — Cette chute sera aménagée plus tard, pour envoyer, à Luzenac, du courant destiné au broyage du talc.

38. — Cette usine a été projetée dans le but d'obtenir l'énergie nécessaire à la traction des trains sur une partie du réseau du Midi. Elle sera construite en face de la gare d'Ax-les-Thermes; la prise d'eau se ferait à l'aval du pont de l'Harenc, près de Mérens.

39. — Cette petite chute, dont le débit est de 1 000 litres à l'étiage, servira de renfort à l'usine principale d'Orlu. En eaux moyennes, elle pourra fournir 1 500 ch.

40. — La chute de Siguer sera formée par la captation des eaux des torrents de Gniouère et de Brouquenat, affluents du R. (2) de Siguer, affluent lui-même du Viedessos; elle sera partiellement régularisée par la reconstitution d'anciens étangs. Cette chute donnera une puissance permanente de 7 000 à 8 000 ch, la puissance instantanée pouvant atteindre 30 000 ch.

41. — L'usine, qui sera située à Porté, utilisera les eaux qui, par le R. de Font-Vive, sortent du Lac Lanoux (2 155 m), le plus grand lac des Pyrénées; ces eaux sont sur le versant espagnol (le R. de Font-Vive est un affluent du R. de Carol, lequel se jette dans le Sègre).

Le barrage et le canal d'amenée, celui-ci de 6 km de longueur, sont en voie d'exécution.

Cette usine fournira de l'énergie électrique pour la traction sur la ligne d'Ax-les-Thermes à Bourg-Madame.

42. — L'usine d'Auzat, déjà citée (nº 10), se propose d'accroître sa puissance par la création de nouvelles réserves et par des captations de chutes. Les réserves à créer sont :

1º Dans le bassin supérieur de Bassiès (étang du Fouat).....	2 000 000 m³	environ.
2º Dans le bassin d'Artiès (étang d'Izourt).....	2 500 000	—
3º Dans le bassin du Mounicou (par 2 barrages).....	2 500 000	—
Total.....	7 000 000	—

Les chutes à créer seront :

A Bassiès, nouvelle puissance de.....	800 ch	environ.
Sur l'Artiès, on obtiendra.....	2 000	—
Sur le Mounicou.....	1 800	—
Total.....	4 600	—

Ces deux dernières chutes, sur l'Artiès et sur le Mounicou, seront établies aux points où se font actuellement les prises d'eau sur ces cours d'eau, la première prendra son eau à la sortie de l'étang d'Izourt, la deuxième au barrage le plus en aval sur le Mounicou.

En outre, les usines ainsi créées permettraient d'augmenter, pendant les six mois de basses eaux (automne et hiver), d'environ 2000 ch la puissance de la chute directe sur l'usine. L'ensemble pourrait donc atteindre aisément 20000 ch.

43. — L'usine est en reconstruction; elle doit servir à actionner des moteurs pour une fabrique de chaux et de ciments. Les 11 000 litres sont le débit d'étiage; en eaux moyennes, on a 20 000 litres. La puissance en sera portée à 1000 ch par la captation d'une autre chute située à 1 km en aval.

44. — Ancienne forge catalane, située à 3,5 km en amont de La Moulasse qu'elle est destinée à renforcer au moyen d'une transmission de force.

Il résulte de l'énumération précédente que les usines de houille blanche sont nombreuses dans le département de l'Ariège. Elles représentent :

a) Pour les usines en fonctionnement :

Puissance brute.....	40 500 ch	environ.
— réalisable.....	36 000	—
— installée.....	48 000	—

b) Pour les usines en construction ou en projet :

Puissance réalisable.....	30 000 ch	environ.

On voit que, quoique le nombre des usines installées soit sensiblement plus grand que dans les Hautes-Pyrénées, les puissances totales qu'elles représentent sont du même ordre de grandeur. C'est que cet autre département, par ses hautes montagnes et ses vallées profondes, se prête plus aisément à l'installation d'usines de grande puissance

(1) Cette usine a été mise en marche récemment.
(2) R abréviation de ruisseau.

Digitized by Google

que l'on ne peut guère réaliser qu'au sud de l'Ariège (Orlu, Auzat).

Mais, en revanche, nous trouvons, dans ce département de l'Ariège, un très grand nombre d'usines de moyenne et de petite importance, et, si l'exploitation de la force hydraulique y est très morcelée, il n'en est pas moins certain qu'elle y a acquis une importance globale considérable. C'est ainsi que le nombre d'usines d'une puissance comprise entre 25 et 100 ch est d'environ 300 et représente 13 000 ch de puissance utilisable ou 5 000 ch de puissance installée.

Celles de moins de 25 ch sont au nombre de près de 500; ce sont des moulins à farine, des scieries à bois, des filatures de laine, des fabriques de peignes, des moulins à plâtre, des fabriques d'outils aratoires, etc. Quelquefois, accessoirement, quelques-unes de ces usines font l'éclairage électrique de certains villages et agglomérations.

TABLEAU V. — *Département de l'Aude.*

Nos D'ORDRE	COURS D'EAU	COMMUNES ET NOMS DES USINES	PROPRIÉTAIRES, LOCATAIRES OU EXPLOITANTS	VOLUMES DES EAUX MOTRICES PAR SECONDE	HAUTEURS DE CHUTE	PUISSANCES brutes	PUISSANCES réalisables	PUISSANCES installées	PRODUCTION DE L'USINE
				litres	mètres	chevaux	chevaux	chevaux	
1	Aude.	Moussan (moulin de Férioles).	Ville de Narbonne.	10 000	1,70	225	170	150	Elévation des eaux de Narbonne.
2	Id.	Carcassonne (usine inférieure de Maquens).	Ville de Carcassonne.	4 500	2,40	145	110	100	Elévation des eaux de Carcassonne.
3	Id.	Axat (usine de Saint-Georges).	Soc. méridionale de Transport de Force.	3 200	100,30	4 280	3 200	3 200	Energie électr.
4	Id.	Bessède-de-Sault (usine de Gesse).	Id.	5 400	184	13 000	10 000	10 000	Energie électr.
5	Rébenty.	Niort.	Soc. Energie élect. (Rébenty-Sault).	350	40	185	140	120	Energie électr.
		TOTAUX				17 595	13 590	13 570	
		Usines en construction ou en projet.							
6	Aude.	Floure.	Groupe métallurgique de Carcassonne.	10 000	2,50	330	250	400	Fonte synthétique.
7	Id.	Belvianès.	Soc. méridionale de Transport de Force.	3 500	90	4 000	3 000 à 10 000		Electrochimie.
8	Id.	Escouloubre.	Id.		310		10 000	5 000	Energie électr.
9	Rébenty.	Joucou.	Soc. Energie élect. Rébenty-Sault.	450 à 800	65	390 à 690	290 à 520		Energie électr.
10	Bruyante.	Mijanès.	Cie des chemins de fer du Midi.		300				Energie électr.
		TOTAL.					13 540 à 20 770		

V. — Département de l'Aude.

1 et 2. — Aucune autre indication sur ces deux usines.

3. — L'usine de Saint-Georges a été mise en marche en 1901. La prise d'eau se fait par un barrage de peu de hauteur, établi en aval du hameau de Gesse, qui constitue une réserve d'eau de 4 000 m³ environ. Le canal d'amenée, à faible pente, partie en tunnel, partie à ciel ouvert, a une longueur de 5,500 km.

Le débit torrentiel de l'Aude est très inégal. Pendant dix mois de l'année, cependant, il n'est pas inférieur à 6 000 litres; il tombe, pendant les deux autres mois, à 4 300. Tous les travaux hydrauliques, en particulier le canal d'amenée (de section 2 m × 2 m), ont été construits pour un débit de 6 000 litres.

L'usine comprend, actuellement, 4 groupes turbines-alternateurs de 800 ch chacun, alimentés par paires, par deux conduites forcées, en tôle d'acier, de 1 m de diamètre, qui se bifurquent avant d'entrer dans l'usine.

L'installation d'un cinquième groupe de même puissance paraît prochaine et l'usine est prévue pour huit groupes.

Chaque conduite forcée peut laisser passer 1 600 litres d'eau à la seconde, à la vitesse de 2 m.

La chute brute est de 101,40 m ; la chute nette, pour le débit de 1 600 litres, est de 100,30 m.

Le courant obtenu est de même nature et sert aux mêmes usages que celui de Gesse ; il sera décrit à propos de cette usine (n° 4).

4. — L'usine de Gesse, de création toute récente — elle a été terminée, dans ses parties principales, en 1916 — est située à 8 km en amont de celle de Saint-Georges. La partie hydraulique comprend :

1° Un barrage sur l'Aude, établi à Usson, à 1 800 m environ en aval du confluent de cette rivière avec la Bruyante ;

2° Un canal d'amenée, souterrain sur la presque totalité de son parcours de 7,600 km ; sa section moyenne est de 2 m × 1,80 m.

3° Deux conduites forcées alimentant chacune une turbine de 3 300 ch et une de 1 650 ; ces turbines sont accouplées

Digitized by Google

directement à des alternateurs de 2 500 et 1 250 kv-a. — La *chute nette* est de 184 m.

L'usine de Saint-Georges et celle de Gesse, établies en cascade, ne laissent pas de chute inutilisée entre la prise d'eau de la première et le canal de fuite de la seconde. Elles sont solidaires hydrauliquement. Cependant, le bassin intermédiaire, constitué par le barrage de Gesse, ainsi intercalé entre les deux usines, rend leur liaison excessivement souple et sans gaspillage d'eau.

Dans ces deux usines (Saint-Georges et Gesse), les machines produisent du courant alternatif triphasé, 3 000 v, 50 périodes. La tension des lignes principales du réseau, d'abord de 20 000 v, a été portée en partie à 34 000 lors de la création de l'usine de Gesse. Les lignes secondaires sont à 5 000 v. La longueur du réseau est d'environ 600 km ; il dessert plus de 100 communes.

L'usine de Gesse est reliée à celle de Saint-Georges par 2 feeders : l'un à 20 000, l'autre à 34 000 v. Ce dernier se continue sur Perpignan, alimentant le réseau de la Société hydro-électrique roussillonnaise.

Enfin, un feeder à 34 000 v part de l'usine de Gesse et se relie au réseau de la Société Pyrénéenne d'énergie électrique (V. Ariège, n° 11) par le poste de transformation de Lavelanet.

Les autres feeders desservent l'Aude et les Pyrénées-Orientales, alimentant des réseaux qui ont surtout pour but l'éclairage public et privé. La force motrice, très importante néanmoins, est utilisée dans de nombreux moteurs de faible puissance pour les usages agricoles, d'alimentation et de petite industrie.

Le réseau de la « Méridionale » s'est développé très rapidement sous l'active impulsion de l'éminent directeur de cette Société, M. Estrade ; son importance s'accroîtra encore par la réalisation des projets que nous avons signalés.

5. — Canal d'amenée de 750 m. — Le débit de 350 litres est celui d'étiage ; le débit moyen est de 600 litres.

L'usine éclaire 14 communes et fournit de la force motrice à des scieries et à des tanneries.

6. — Usine en construction. Le débit de 10 000 litres est un minimum ; l'aménagement est prévu pour 20 000 litres. On va y installer 400 ch qui serviront à alimenter un four électrique où l'on produira de la fonte à partir de déchets, tournures et riblons et sans doute, plus tard, de l'acier.

7. — L'usine de Belvianès, à 4 km en amont de Quillan, encore à l'état de projet, aura une puissance de 3 000 ch en basses eaux, mais sera construite pour en développer 10 000 pendant six mois de l'année. Elle groupera les excédents d'énergie de toutes celles situées en amont pour les utiliser à l'électrochimie. Les terrains en ont déjà été achetés par la Société Méridionale.

8. — C'est à 6 km en amont du barrage d'Usson (celui de l'usine de Gesse) que sera édifiée l'usine d'Escouloubre, dont la construction est commencée. Le canal d'amenée partira d'un barrage établi à Puyvalador. La puissance de 5 000 ch va être installée incessamment ; elle sera doublée par la suite.

9. — Cette usine, qui est à moitié construite, a vu ses travaux arrêtés par la guerre. Le courant était destiné à l'éclairage et à la force motrice.

10. — La construction du chemin de fer électrique de Quillan à Montlouis serait sans doute déjà commencée sans la guerre ; elle sera probablement remise à plus tard.

L'usine qui lui fournira le courant doit être construite dans la vallée de l'Aude, sous une dérivation de la Bruyante, dans la commune de Mijanès. La chute sera de 300 m. Aucun renseignement sur sa puissance.

Dans le département que nous venons d'étudier, les usines hydrauliques sont peu nombreuses ; seule, la Société Méridionale y a construit de puissantes installations et se propose d'en créer de nouvelles. C'est dans la haute et pittoresque vallée de l'Aude qu'ont été réalisées presque toutes ces captations. Elles représentent, pour l'ensemble du département :

Puissance brute.....	17 500 ch	environ
— réalisable.....	13 500	—
— installée.....	13 500	—

Avec les usines en construction ou en projet, on obtiendra une nouvelle puissance réalisable d'environ 20 000 ch.

En dehors de celles que nous venons d'énumérer, il n'y a, dans l'Aude, que de très petites installations (environ 340), représentant une puissance disponible de 4 500 ch et une puissance utilisée de 3500. Ce sont, pour la plupart, des moulins à farine ou à huile et des scieries à bois.

TABLEAU VI. — *Département des Pyrénées-Orientales.*

Nos D'ORDRE	COURS D'EAU	COMMUNES ET NOMS DES USINES	PROPRIÉTAIRES, LOCATAIRES OU EXPLOITANTS	VOLUMES DES EAUX MOTRICES PAR SECONDE	HAUTEURS DE CHUTE	PUISSANCES brutes	PUISSANCES réalisables	PUISSANCES installées	PRODUCTION DE L'USINE
				litres	mètres	chevaux	chevaux	chevaux	
1	Têt.	Rodès (usine de Vinça).	Soc. hydro-électr. roussillonnaise.	6 000	18	1 440	1 100	2 000	Energie électr.
2	Id.	Villefranche-de-Conflent.	Industrie électrique.	3 000	16	640	480	1 000	Energie électr.
3	Fuilla.	Id.	Id.	800	25	265	200		Energie électr.
4	Têt.	Fontpédrouse.	Cie des chemins de fer du Midi.	1 200	173	2 770	2 075	4 000	Energie électr.
5	Id.	Sauto (usine de la Cassagne).	Id.	800	413	4 400	3 300	6 000	Energie électr.
		TOTAUX.....				9 515	7 155	13 000	

VI. — Département des Pyrénées-Orientales.

1. — L'usine de Vinça, mise en marche en 1899, est située en aval de cette ville, sur le territoire de la commune de Rodès. Le canal d'amenée, construit à flanc de coteau, a une longueur de 1 200 m environ.

L'usine présente cette particularité qu'aucune maçonnerie n'a été construite pour les travaux hydrauliques. Les tur-

Digitized by Google

bines, à axe vertical, sont disposées dans une galerie creusée dans le roc. Une galerie inférieure, en communication directe avec la rivière, sert de canal de fuite. Chaque turbine est alimentée par un puits creusé dans le roc ; un autre puits permet le passage de l'arbre vertical qui commande l'alternateur, à axe vertical également, placé sur le plancher de la salle des machines.

Les groupes turbine-alternateur sont au nombre de quatre : 3 de 450 kw et 1 de 250 kw. Les alternateurs produisent directement du courant triphasé à 8 500 v, 50 périodes.

La Société Roussillonnaise reçoit, en outre, du courant de la Société Méridionale de transport de force, par un feeder à 34 000 v, partant des usines de Saint-Georges et de Gesse (v. Aude, nos 3 et 4) et aboutissant à Perpignan.

De plus, la Société Roussillonnaise a installé à Perpignan :

Un turbo-alternateur de 1 000 kw — 8 000 v.

Une machine à piston de 350 kw — 8 000 v.

Le courant obtenu dans l'usine hydro-électrique et au moyen des moteurs à vapeur sert à l'éclairage public et privé, à la force motrice et à la traction des tramways électriques de Perpignan, de Perpignan à Canet et de Perpignan à Rivesaltes.

2 et 3. — Les données relatives à ces deux usines ne sont qu'approximatives. Elles alimentent en éclairage et en force motrice un certain nombre de communes (Thuir, Rivesaltes, etc.) et possèdent une usine thermique de secours de 650 ch.

4. — Cette usine prend son eau dans la Têt régularisée par le réservoir de la Bouillouse dont il sera question ci-dessous (n° 5). Elle possède deux turbines de 2 000 ch qui actionnent des alternateurs dont le courant sert à la traction des trains sur la ligne de la Cerdagne (de Villefranche-de Conflent à Bourg-Madame).

5. — L'usine de la Cassagne, appelée aussi usine du Paillat, est située à 2 km en aval de Montlouis et à 7 km en amont de Fontpédrouse. Pour régulariser le débit de la Têt, on a aménagé en réservoir l'Étang de la Bouillouse, situé à la source même de cette rivière à une altitude de 2 000 m. A l'aval de cet Étang, on a construit un barrage de 360 m de longueur, ce qui a permis de constituer une réserve de 13 millions de mètres cubes.

La prise d'eau d'alimentation de l'usine de la Cassagne est située sur la Têt, à 12 km environ du barrage de la Bouillouse. Le canal d'amenée, couvert sur toute sa longueur, a 5 474 m et peut débiter 800 l : sec ; il aboutit à deux bassins de décantation de 1 600 et 10 000 m³ de capacité ; puis les eaux arrivent dans un bassin de mise en charge de 2 000 m³.

Quatre conduites forcées en acier, de 40 cm de diamètre, aboutissent à autant de turbines dont la puissance est de 1 500 ch et le débit de 300 l : sec. Ces turbines sont accouplées à des dynamos dimorphiques. Des transformateurs élèvent le courant à la tension de 20 000 v sous laquelle il est transporté dans cinq sous-stations qui le changent en courant continu 800 850 v servant à l'alimentation des moteurs des trains de la ligne de la Cerdagne.

L'un des quatre groupes électriques sert de groupe de réserve ; la puissance instantanée de l'usine est donc de 4 500 ch.

On ne signale, dans le département des Pyrénées-Orientales, ni usine en construction, ni projet ayant une consistance bien établie. Quelques chutes, situées surtout sur la Têt et ses affluents, et représentant ensemble une puissance d'environ 5 000 ch, paraissent cependant avoir été étudiées par certaines grandes entreprises ; elles seront, sans doute, exploitées dans un avenir plus ou moins prochain.

Ainsi, les quelques usines qui existent dans ce département nous donnent seulement :

Puissance brute	9 500 ch	environ.
— réalisable.....	7 000	—
— installée.....	13 000	—

Enfin, il y a dans les Pyrénées-Orientales, comme dans l'Aude, un certain nombre de petites installations, dont la puissance moyenne ne dépasse pas 10 ch et qui, pour la plupart, sont encore mises en action par des rouets à palettes ou à augets ou par des turbines anciennes. Toutes ces usines sont susceptibles d'amélioration, au point de vue du rendement, soit par la surélévation du plan d'eau, soit par le remplacement des anciens rouets par des turbines modernes.

Si nous essayons de résumer cette longue nomenclature, nous constatons que, en nous bornant aux usines d'au moins 100 ch, les captations de houille blanche, dans les six départements pyrénéens, représentent :

Puissance brute.....	135 000 ch	environ.
— réalisable....	110 000	—
— installée.....	145 000	—

Pour les installations en cours ou en projet, on peut compter sur une puissance réalisable d'au moins 180 000 ch. Ce nombre est considérable ; il est l'indice du bel essor que prennent actuellement les applications d'une puissance naturelle, jusqu'ici peu exploitée dans cette région.

Si donc nous avons pu dire, au commencement de cette étude, que les Pyrénées paraissaient être peu avancées au point de vue utilisation de la houille blanche, il n'en est pas moins certain qu'elles sont en train de rattraper ce retard et de le faire à une belle allure.

Quand les usines commencées auront été terminées et que les divers projets que nous avons cités auront été mis à exécution, la chaîne des Pyrénées sera productrice d'une puissance réalisable de 300 000 ch, soit 400 000 ch bruts. Souhaitons que les événements actuels, qui nous auront montré la nécessité d'une puissante organisation industrielle, nous incitent à effectuer, sans tarder, ces réalisations.

H. Giran,
Professeur à la Faculté des Sciences de Toulouse.

Digitized by Google

La dixième Foire de Paris

En clôturant la série de nos articles sur la Foire de Lyon, nous nous sommes fait l'écho de quelques desiderata, émanant de plusieurs industriels, tant exposants qu'acheteurs, relatifs à l'organisation générale, à la nationalisation des produits exposés, à la concentration rationnelle des exposants, au classement méthodique des spécialités. A ces divers points de vue, la Foire de Paris, qui a ouvert ses portes le 14 mai, nous donne ample satisfaction et présente, de plus, plusieurs innovations pratiques qu'il est intéressant de signaler.

Tout d'abord, le Comité de la Foire de Paris n'a accepté que des produits exclusivement français, et il ne nous a pas été donné, de ce fait, d'entrevoir, dans certains stands, maintes machines dont les marques d'origine paraissent dissimulées sous une épaisse couche de vernis et affublées, pour la circonstance, d'une effigie soi-disant neutre.

De plus, tous les exposants sont concentrés sur l'Esplanade des Invalides, et un classement méthodique de chaque industrie permet de trouver rapidement telle ou telle spécialité. A cet effet, le Comité a eu une idée ingénieuse; il a doté chaque voie du nom de l'industrie exposante : ainsi, la rue de l'Electricité donne asile aux fournisseurs de l'industrie électrique, la rue de la Métallurgie contient les stands des fondeurs et mécaniciens. De cette façon, point n'est besoin de plan, guide, bureau de renseignements, et on réalise ainsi une économie précieuse de temps.

A peu d'exceptions près, nous retrouvons à Paris les mêmes exposants qu'à Lyon dotés d'un matériel identique; aussi nous bornerons-nous à signaler sommairement les stands de la majeure partie des maisons participantes, dont nos lecteurs trouveront une description détaillée et complète dans nos précédents articles.

La **Compagnie pour la fabrication des compteurs et matériel d'usines à gaz** est l'une de nos plus anciennes maisons françaises de compteurs à gaz, de compteurs d'eau et de compteurs d'électricité. C'est dans l'usine fondée en 1854 par M. Ch. Michel, que fut entreprise, pour la première fois en France, la construction de compteurs d'eau de volume et de vitesse auxquels le regretté M. Frager donna son nom et qui, à l'heure actuelle, en raison de leur précision et de leur régularité, sont adoptés par toutes nos administrations publiques et privées, à tel point que la France, qui était autrefois, pour ces appareils, tributaire de l'étranger, devint rapidement, dans ce domaine, l'un des premiers fournisseurs du monde entier.

La Compagnie pour la fabrication des compteurs et matériel d'usines à gas s'occupa également une des premières de la construction des compteurs d'électricité ainsi que des instruments de mesure électriques système Meylan d'Arsonval. Aujourd'hui ses ateliers couvrent une superficie de 7 300 m², et, malgré la guerre, plus de 1 000 ouvriers y sont employés.

Par le fini de sa construction, par la compétence de ses dirigeants, par sa probité commerciale; l'ancienne maison Michel et Cie s'est classée au premier rang des Sociétés de construction des compteurs électriques, appareils de mesures, compteurs à eau et à gaz.

Le stand de la Compagnie pour la fabrication des compteurs contient un modèle des divers types de son matériel : compteurs, pour courants continus et alternatifs, à prépaiement, à mercure; allumeurs-extincteurs horaires automatiques; indicateurs d'excédent de consommation; voltmètres; ampèremètres; wattmètres; compteurs à gaz et compteurs à eau.

La **Société de Paris et du Rhône** n'est pas une inconnue pour nos lecteurs, car dans notre article sur la Foire de Lyon, nous avons donné un aperçu de sa fabrication. De plus, son organisation moderne a été décrite récemment dans nos colonnes (*R. G. E.*, nos des 7 et 11 avril 1917).

L'outillage de son usine de Lyon-Montplaisir lui permet d'entreprendre la construction en série de toutes les petites machines électriques : moteurs, dynamos, transformateurs, outils électriques, appareils électriques pour l'économie domestique, etc...

Elle expose, dans son stand, plusieurs machines pour l'éclairage, le démarrage et l'allumage des automobiles, qui méritent une mention spéciale.

La magnéto d'éclairage Paris-Rhône réalise le problème de l'éclairage des automobiles en réduisant l'installation à sa plus simple expression : une simple magnéto, dont les dimensions et le poids sont comparables à ceux d'une magnéto d'allumage ordinaire, permet d'alimenter les deux phares et la lanterne arrière. Grâce à son montage (breveté S. G. D. G.), la lumière ne papillote pas, même à très faible allure, et en cas de rupture de la lampe de l'un des phares, l'autre fonctionne encore normalement.

L'installation peut être complétée par une batterie d'accumulateurs, si on veut avoir de la lumière lorsque la voiture est arrêtée. Dans ce cas, un dispositif spécial permet de charger la batterie d'accumulateurs par la magnéto d'éclairage elle-même, sans qu'il soit nécessaire d'employer un conjoncteur-disjoncteur.

On trouve encore dans le stand de la Société Paris-Rhône le « dynamoteur », machine qui permet d'assurer à la fois le démarrage, l'éclairage et l'allumage d'une automobile.

Dans le dynamoteur, la solution de l'éclairage et du démarrage par une seule machine a été résolue rigoureu-

Digitized by Google

sement au point de vue technique, c'est-à-dire en changeant les caractéristiques de la machine, soit qu'elle fonctionne comme génératrice, soit qu'elle fonctionne comme moteur, afin qu'elle ait un excellent rendement dans l'un comme dans l'autre cas. Il s'ensuit que le dynamoteur est d'un encombrement très réduit et ne fatigue pas les accumulateurs. Son montage sur la voiture est excessivement facile et son emploi d'une très grande simplicité. Une femme ou un enfant peuvent le manœuvrer et mettre une voiture en marche.

Enfin, le dynamoteur peut également, si on le désire, assurer l'allumage du moteur, ce qui permet à volonté de supprimer la magnéto usuelle ou bien de la conserver comme deuxième allumage.

Les Établissements **Schneider et C^ie** ont réuni, dans leur pavillon spécial, une collection de moteurs électriques à courant continu et à courants alternatifs, de transformateurs, d'interrupteurs à haute tension, matériel provenant de l'usine de Champagne-sur-Seine ; plusieurs machines-outils sortis des ateliers de Saint-Ouen, et un lot intéressant d'appareils d'optique et de haute précision.

La **Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston** a exposé, en dehors de ses appareils téléphoniques et de son central automatique dont nous avons eu l'occasion de parler dans notre article sur la Foire de Lyon, une partie de son importante fabrication : transformateurs, alternateurs, moteurs, commutatrices, locomotives électriques, contrôleurs, machines-outils, perceuses électriques, régulateurs Tirrill, rhéostats de démarrages, tableaux de distribution, appareillage à haute et basse tension, turbines Curtis, fers à souder, lampes Mazda à filaments métalliques, etc.

Les **Établissements Delaunay Belleville** ont exposé un type du matériel des ateliers de Saint-Denis : machine à vapeur à grande vitesse, cheval alimentaire Belleville, compresseur d'ammoniaque, groupe électrogène de 1 kw, moteur monocylindrique à friction, appareil de transmission universelle de 15 ch, et produits antifriction.

La maison **Niclausse** expose : 1° deux modèles des chaudières du type Niclausse répandues aujourd'hui dans 14 marines militaires et dans un grand nombre de secteurs et usines mécaniques. Les forces en chevaux pour les installations marines et de terre sont respectivement de 2 millions et de 2 millions ch ;

2° Une série de photographies représentant quelques-uns des principaux vaisseaux de guerre français et étrangers munis de ces générateurs ;

3° Quelques accessoires : collecteurs, tubes, appareils de montage permettant de montrer avec quelle facilité et quelle rapidité un tube peut être changé, de sorte que l'immobilisation d'une chaudière avariée, par exemple, est plus réduite que dans n'importe quel autre type ;

4° Un appareil indicateur de charge permettant de régler mécaniquement, dans une grande chaufferie, les chargements des fourneaux suivant la production à obtenir ; on assure ainsi la chauffe méthodique si nécessaire avec les chaudières multitubulaires.

Depuis l'ouverture des hostilités, la maison Niclausse a créé, de toutes pièces, une importante usine employant 16 à 1800 ouvriers et exclusivement réservée au matériel de guerre. D'autre part, l'ancienne usine a exécuté et exécute encore de multiples commandes pour la défense nationale, réservées aux armées française et belge.

La **Compagnie générale d'Électricité**, montre, comme à Lyon, un spécimen de sa multiple fabrication : matériel d'appareillage à haute et basse tension ; isolants et objets moulés ; câbles et fils de cuivre, aluminium et laiton ; lampes Métal à filaments métalliques ; magnétos Gibaud et Eole, etc. De plus, son stand contient une série de types d'accumulateurs fixes et portatifs de la Société de l'Accumulateur Tudor.

L'exposition de la **Compagnie électro-mécanique** comprend toute une série de moteurs et transformateurs de petite et moyenne puissance, quelques interrupteurs et plusieurs vues montrant un certain nombre de ses principales constructions.

Les usines du Bourget et de Lyon, tout en travaillant pour la défense nationale, fournissent à l'industrie privée le matériel suivant : turbines à vapeur, turbines marines, équipement de stations centrales, applications de l'électricité dans l'industrie textile, la papeterie, les mines, la métallurgie, etc.

De plus, le Hall de l'Electricité contient les stands suivants dont le matériel est bien connu de nos lecteurs. **Dinin, Fulmen, Heinz** (accumulateurs et piles) ; **Boulte-Larbodière** (groupe électrogène) ; **Société de Laval** turbine à vapeur) ; **Hamm** (installation d'éclairage) ; **Bouillet** (matériel électrique) ; **Le Carbone, Grivolas, Delafon, Ilyine Berline, Goisot, Compagnie générale des travaux d'éclairage et de force, Champion, Charron-Bellanger, Compagnie des Charbons de Nanterre.**

J. N.

Digitized by Google

Paragrêle Marcillac du Chenavari (Ardèche)

Cet article donne la description d'une installation faite au sommet du Chenavari, sous la direction de M. Marcillac, en vue de protéger la région avoisinante contre la grêle et les coups de foudre; il signale ensuite quelques observations montrant le rôle efficace de cette installation.

Bien qu'il soit permis d'avoir des doutes sur l'efficacité réelle des paratonnerres dans la protection contre le la grêle [1], il nous paraît cependant utile de signaler aux Syndicats agricoles un appareil de ce genre installé récemment par un des premiers rédacteurs de « La Lumière électrique », M. P. Marcillac, qui, toujours actif, consacre aujourd'hui les loisirs que lui donnent sa qualité de retraité des Postes et Télégraphes, à la mise en pratique des principes de météorologie électrique qu'il développait dans cette Revue vers 1890.

La figure ci-jointe donne une vue de l'installation réalisée, depuis quatre ans, à Rochemaure (Ardèche),

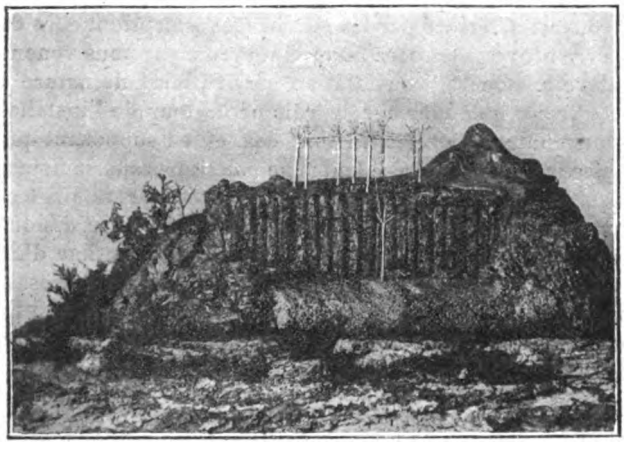


Fig. 1. — Vue de l' « épervier électrique » Marcillac du Chenavari.

sur le sommet du volcan éteint, le Chenavari, point terminus, à l'altitude de 508 m, de la chaîne volcanique du Coiron, en Vivarais. Comme on le voit, elle comprend 9 poteaux de bois injectés munis d'aigrettes métalliques reliées entre elles par des conducteurs; 8 de ces poteaux sont plantés sur la terrasse d'environ 300 m de long, 200 m de large et 12 m de haut qui se trouve au sommet du volcan : leurs points d'implantation forment les sommets et le centre d'un polygone inscrit dans une circonférence d'environ 90 m de diamètre et couvrant une surface d'environ 6 000 m²; le dernier poteau est planté en contrebas de la terrasse.

Les aigrettes sont formées de larges lames de fer terminées en pointes. Les conducteurs qui les relient sont constitués par des torsades de « ronce artificielle » d'un modèle renforcé; leur longueur atteint environ 600 m; le nombre des « picots » est d'environ 12 000. Des rubans de fer sont soudés et boulonnés sur le pied de chaque aigrette; ces rubans descendent le long de chaque appui jusqu'au sol où ils sont placés en tranchées à l'intérieur de gouttières en fer perforées et remplies de coke menu préalablement mouillé; l'extrémité libre de chaque ruban est munie d'un « perd-fluide » articulé qui s'épanouit dans le sol; en outre, des tiges avec agrafes assurent un contact intime entre le ruban de terre, le coke, la gouttière métallique et le sol en pénétrant dans celui-ci à travers les jours de la gouttière. L'installation du Chenavari est munie de 10 prises de terre de ce genre; une « terre » supplémentaire est prise, par un appui séparé, à une petite source.

Il est à remarquer que l'ensemble de l'installation, auquel M. Marcillac donne le nom d' « épervier électrique », ne comporte aucun conducteur en cuivre, contrairement à ce qui a lieu dans les paragrêles préconisés il y a quelques années par M. de Beauchamp sous le nom de « niagaras électriques », lesquels sont constitués par des conducteurs en cuivre électrolytique de très haute conductibilité et de très forte section. Il en résulte une diminution considérable du prix d'établissement qui n'est pas à dédaigner si, comme cela paraît démontré, il convient de multiplier les installations de paragrêles pour protéger efficacement une région importante; de plus, il n'y a plus à craindre les vols de cuivre et, en conséquence, les mises hors d'usage auxquelles sont sujets les « niagaras électriques ». D'un autre côté, la diminution de conductibilité électrique résultant de la substitution du fer au cuivre ne paraît pas devoir influencer défavorablement la valeur protectrice de l'appareil car, comme le fait remarquer M. Marcillac, et comme l'avait fait remarquer déjà M. Turpain dans l'article précité, les travaux des savants sur les décharges de la foudre nous ont appris que ces décharges sont oscillantes et que, dès lors, la résistance ohmique du conducteur n'a qu'une influence secondaire sur leur propagation. Mieux vaut alors un conducteur médiocre, mais de grande surface périphérique, qu'un conducteur de très faible résistance ohmique : or, dans son « épervier », M. Marcillac s'est attaché à augmenter la surface périphérique des aigrettes en constituant celles-ci, non par

[1] M. A. Turpain, professeur de physique à la Faculté des Sciences de Poitiers, membre du Comité de Rédaction de la *R. G. E.* qui, dès 1898, s'occupait de la protection contre la grêle des vignobles du Bordelais, a eu l'occasion, il y a quelques années, en qualité de membre de la Commission d'organisation de la Météorologie agricole au ministère de l'Agriculture, de faire une étude très complète de la question de l'« efficacité des paratonnerres comme paragrêles». Nous renvoyons le lecteur à cette étude qui a été publiée dans *La Revue Electrique*, 8 décembre 1911, t. XVI, p. 535-540. (Note de la Rédaction.)

Digitized by Google

des barres rondes, comme le faisait Melsens, mais par des barres plates.

Une autre particularité de l' « épervier » est la multiplicité de ses pointes : outre celles des aigrettes, il y a lieu de compter celles des « picots » des conducteurs de liaison, et celles-ci, avons-nous dit, sont au nombre d'environ 12 000. Par suite de la propriété qu'ont les pointes de tendre à l'égalisation du potentiel entre les conducteurs dont elles font partie et l'air qui environne ceux-ci, il n'est pas douteux que ces nombreuses pointes de l' « épervier » n'agissent efficacement dans la décharge des nuages électrisés passant dans le voisinage de l'installation ou sur ses multiples saillies.

L'installation réalisée sur le Chenavari donne encore lieu à une remarque : sur le roc dénudé où elle a été effectuée, on ne pouvait trouver la nappe aquifère qu'il est de coutume de considérer comme indispensable pour l'obtention d'une bonne prise de terre. Comme nous l'avons dit, une des prises a pu être réalisée dans une petite source située au pied de la terrasse, mais les dix autres ont dû être exécutées dans le roc creusé à la dynamite. Malgré ces mauvaises conditions, l'installation s'est fort bien comportée comme paratoudre. Cela tient peut-être à la haute teneur du rocher en oxyde de fer : l'analyse a, en effet, montré qu'il renfermait 16 pour 100 de fer et on y trouva de nombreux échantillons d'oxyde magnétique de fer lorsqu'on y creusa les tranchées des prises de terre.

L'affirmation que l'installation s'est bien comportée comme paratoudre repose sur les constatations suivantes. Le jour même où les travaux prenaient fin, un violent orage se déchaina ; lorsqu'il atteignit le sommet du Chenavari, on observa que tonnerre et éclairs cessèrent un peu avant le contact des nuages avec la montagne et qu'ils ne reprirent qu'assez loin après, à environ 3 km sous le vent. Une semaine plus tard, un autre orage donna lieu à une boule de feu qui sembla tomber au milieu de l' « épervier » et qui brusquement s'épanouit en une énorme nappe bleue.

Son influence protectrice sur le voisinage paraît également démontrée. On a constaté la disparition des foudroiements et noté, même à plusieurs kilomètres sur les lignes de transmission d'énergie qui suivent les vallées avoisinantes, que depuis l'érection de l' « épervier », on n'avait plus eu un fusible fondu. Une enquête faite par le directeur des Services agricoles de l'Ardèche a conclu à une action protectrice marquée. Une autre enquête, faite par la Compagnie des chemins de fer Paris-Lyon-Méditerranée, a amené cette Compagnie à adopter l'emploi de l'appareil pour protéger certaines sections de lignes dont elle projette l'électrification.

Quant à son efficacité comme paragrêle, elle est affirmée par les propriétaires du voisinage qui déclarent que « les averses de grêle et les trop nombreuses foudres qui s'accumulaient auparavant sur le plateau et ses environs sont devenues fort rares et qu'en tout cas le grésil inoffensif a remplacé la grêle désastreuse ». Il convient d'ajouter qu'en février dernier, on constata la chute de fort grésil ; mais à ce moment l' « épervier » se trouvait détérioré par les surcharges exceptionnelles de givre provoquées par l'hiver rigoureux que nous venons d'avoir, et cette constatation serait plutôt de nature à confirmer qu'à infirmer le rôle protecteur de l'installation contre la grêle. En tout cas, et en supposant que les constatations précédentes ne soient pas suffisamment probantes, il semble facile de s'assurer si cette protection existe réellement puisque, comme nous le disions plus haut, la modicité du prix de l'installation d'un « épervier » permet de faire, à peu de frais, des essais dans les régions fréquemment ravagées par la grêle. Et c'est à ce titre que l'appareil de M. Marcillac nous paraît particulièrement intéressant.

J. R.

Revues, analyses et informations

Les télégraphes et les téléphones dans les colonies britanniques (1).

Généralités. Dans un long mémoire qu'il présente à l'Institution of Electrical Engineers, M. R.-W. Weightman, ingénieur des Télégraphes et des Téléphones, membre de cette docte Institution, fait un remarquable exposé du développement actuel des installations télégraphiques et téléphoniques dans l'Empire britannique. Son étude offre d'autant plus d'intérêt qu'étant données l'étendue et la dissémination des possessions britanniques dans l'univers, elle donne un aperçu de tous les moyens d'exploitation, tant organisation que matériel et systèmes, etc., utilisés dans le monde entier. Et, si l'on tient compte de cette circonstance que l'auteur est un praticien distingué, dont la réputation est consacrée par un long séjour en Afrique du Sud et en Nouvelle-Zélande, on comprendra toute la valeur de sa documentation. Son travail gagne encore en ceci qu'aucune étude de ce genre n'a jamais été publiée, et c'est bien, comme il le déclare, ce qui l'encourage à écrire la sienne. Tout en s'attachant à traiter aussi en détail que possible ce qu'il estime les caractéristiques les plus intéressantes des systèmes pratiqués, l'auteur a dû passer sous silence une quantité de matières qui l'auraient conduit au delà des limites permises. C'est ainsi qu'il n'a envisagé ni la télégraphie sans fil, ni la télégraphie sous-marine, ni la télégraphie sur voies ferrées, estimant que ces objets avaient une importance suffisante pour être traités indépendamment. Il n'a pas tenté non plus d'aborder la question des perturbations auxquelles sont particulièrement soumises les installations des colonies tropicales, attendu que cette

(1) R.-W. Weightman, *Journal of the Institution of Electrical Engineers*, janvier 1917, t. LV, p. 91-136.

Digitized by Google

question a déjà fait l'objet d'une étude suffisamment développée de M. Llewellyn Preece dans son mémoire sur les *Telephones Troubles in the Tropics*.

Ces exceptions faites, M. Weightman nous montre comment sont exploités les télégraphes et les téléphones dans les colonies britanniques. Son mémoire passe successivement en revue les méthodes d'administration dans les petites et grandes colonies de la Couronne, au Canada, en Australie, dans la Nouvelle-Zélande et dans l'Afrique du Sud. Il nous fait connaître quels sont les moyens de construction employés dans ces colonies, les systèmes de télégraphe et de téléphone en usage et enfin les appareils protecteurs de la foudre adoptés. Il fait une place particulière au « Dominion » du Canada, déclarant que les méthodes de ce pays se rallient plutôt à la pratique américaine qu'à celle du Post Office britannique, plus généralement appliquées par les autres colonies.

Mais un court résumé du mémoire nous fera mieux saisir la valeur documentaire et l'importance des sujets traités.

Parlant du personnel dirigeant, M. Weightman nous apprend que la plupart des ingénieurs et des fonctionnaires des Dominions et des Colonies étaient recrutés autrefois dans les cadres de la mère patrie; et que, si cette règle est encore suivie par la plupart des Colonies, par contre elle est plus rarement appliquée par les Dominions qui peuvent revendiquer aujourd'hui la possession d'établissements d'enseignement d'un degré équivalent à ceux de l'Angleterre.

Quant au personnel d'exécution, si son origine européenne assure aux administrations canadienne, australienne et néo-zélandaise une exploitation exempte de toute difficulté, il n'en est pas de même dans les pays où la main-d'œuvre est en grande partie recrutée dans l'élément noir. En Afrique du Sud et dans la plupart des Colonies de la Couronne, c'est aux indigènes que sont confiés les plus gros travaux, les autres postes étant aux mains des Européens. On s'imagine facilement l'embarras que peuvent éprouver les Administrations qui ont à se servir des populations indigènes telles que celles du Natal et du Zoulouland. Non pas que ces populations soient dépourvues d'intelligence, mais elles sont, dit l'auteur, trop indolentes pour s'instruire et s'initier à des services qui exigent un effort mental plus élevé que celui qu'elles doivent faire pour simplement voir et utiliser leurs mains. Elles sont incapables de lire et d'écrire, et, en général, elles ne désirent pas étudier. Elles n'ont absolument aucune idée des nécessités du travail, ni du « pourquoi » ou de la raison des choses, et l'initiative et la manière de faire sont tout à fait étrangères à leur nature.

Parmi tous les Dominions et Colonies, le Canada est le seul qui se soit mis à la fabrication de son propre matériel télégraphique ou téléphonique; et bien qu'il soit resté tributaire des Etats-Unis pour la fourniture des organes automatiques des centraux téléphoniques, encore convient-il de remarquer qu'il s'est réservé le travail de montage et d'assemblage de ces organes.

L'Australie fabrique ses propres canalisations de fonte et de grès et le matériel nécessaire à l'équipement de ses poteaux. Depuis 1913, elle s'est affranchie de l'Allemagne pour la fourniture de ses isolateurs de porcelaine. Elle se procure bien encore ses appareils téléphoniques en Suède et ses appareils automatiques en Amérique, mais elle s'approvisionne en Grande-Bretagne de tout ce dont elle a encore besoin.

Quant aux autres Colonies et Dominions, c'est la mère patrie qui est à peu près leur unique fournisseur.

Les méthodes d'administration varient naturellement suivant les conditions locales. Cependant, dans tous les Dominions, sauf au Canada et dans les plus grandes Colonies, les télégraphes et les téléphones, de même que le service postal du pays, sont placés sous la direction du Postmaster General. Dans certains cas, l'office du Postmaster General est purement politique; le Département est alors dirigé par un Secrétaire (Secretary) comme en Angleterre. Quant aux réseaux téléphoniques des plus petites colonies, ils sont presque toujours construits et administrés par des Compagnies privées.

Nous avons vu que le Canada, dans son organisation, se ressent du voisinage des États-Unis. Les services télégraphiques et téléphoniques y fonctionnent séparément. Si quelques lignes appartiennent à l'État, la majeure partie est détenue par des Compagnies privées dont les plus importantes sont la « North-Western Telegraph » et les deux Compagnies de chemins de fer : la « Canadian Pacific » et le « Grand Trunk ». Chacun de ces organismes ayant sa sphère d'opérations bien définie, il n'existe pour ainsi dire pas de concurrence active entre eux. La forme d'administration adoptée par les compagnies est comparable à celle des entreprises de chemins de fer britanniques. Quant au Département d'État, il est dirigé par un surintendant général dépendant du ministre des Travaux publics.

Les services téléphoniques au Canada sont partiellement aux mains des gouvernements provinciaux, partiellement aux mains des Compagnies privées ou rurales. Il n'existe pas de concurrence entre les administrations, chacune ayant son champ propre d'exploitation, et quand surgit une question d'intercommunication entre réseaux de Compagnies différentes, elle est réglée par le « Board of Commissioners » auquel sont délégués les représentants des Compagnies.

Il convient de signaler une tentative intéressante faite en vue de mettre le téléphone à la disposition des fermiers dans les districts ruraux. A ce sujet les gouvernements provinciaux du Canada donnent un magnifique exemple aux autres Dominions et Colonies.

Poteaux. — Si nous passons maintenant aux constructions de lignes, disons que la règle suivie dans les Dominions et les Colonies est d'éviter toute installation aérienne dans les localités et que les particularités observées dans la construction portent sur la nature des poteaux employés. La règle à suivre dépend surtout de la question de savoir si le pays envisagé est ou non producteur de bois. Il est clair que là où le bois abonde et qu'il n'y a pas d'inconvénient à l'utiliser, tel au Canada, ce sont les poteaux de bois qui sont de règle, et que là où il est rare ou bien susceptible d'être attaqué par les fourmis blanches (termites) ou détruit par des incendies de prairies ou de taillis, ce sont les poteaux de fer qui s'imposent.

Les fourmis blanches abondent dans toutes les colonies tropicales et, bien qu'on trouve généralement des bois indigènes plus ou moins immunisés contre leurs atteintes, tels que le bois de teck de Burmah, le cèdre de l'Afrique orientale et le pteroxyllum de l'Afrique du Sud, ils ne conviennent pas toujours à la fabrication des poteaux. Dans certaines de ces colonies, telles que dans la Nigeria, la végétation est si dense que l'établissement d'une ligne est fort coûteux. Pour y faire pénétrer cette ligne, il faut défricher sur un espace de 100 à 300 pieds de largeur de manière à tenir les fils éloignés des branches. On conçoit combien l'entretien de ces clairières est onéreux.

En Afrique orientale et en Ouganda, il existe des lignes installées sur des appuis de bois vif qui sont peut-être uniques en leur genre. L'origine de ces constructions est

Digitized by Google

assez curieuse : Il y a quelques années, dit l'auteur, dans le but d'établir une ligne provisoire, on utilisa comme poteaux des troncs de figuiers sauvages. Quelque temps après, on s'aperçut avec stupéfaction que ces poteaux avaient pris racine et étaient devenus de véritables arbres. Les trouvant plus résistants aux attaques des fourmis blanches, ou à la pourriture, l'administration profita de l'expérience pour construire environ 1 800 kilomètres de ces lignes.

Les poteaux métalliques généralement utilisés sont du type tubulaire, en acier, à embase de fonte. Ils ont généralement une longueur de 20 à 30 pieds, parfois même de 40 pieds. Dans les contrées où les orages sont fréquents, ils sont surmontés d'une tige de parafoudre de 18 pouces de longueur sur 1/2 pouce de diamètre. Les figures 1 à 4 repré-

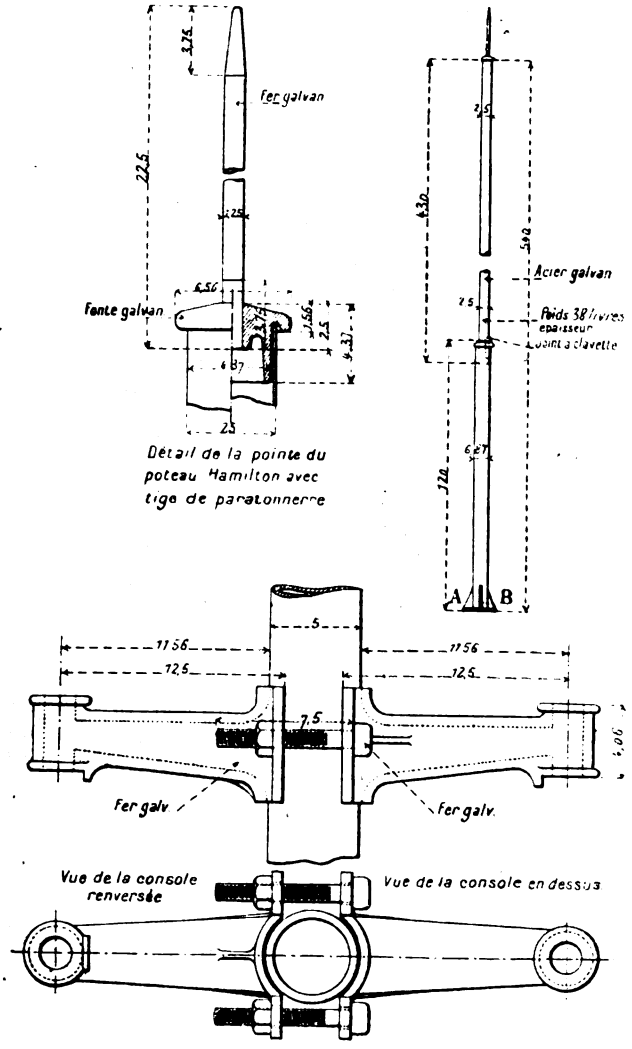


Fig. 1 à 4. — Poteaux tubulaires à double console, spéciaux à l'Afrique du Sud.

sentent deux modèles de ces poteaux avec leurs consoles doubles, spécialement construits pour l'Afrique du Sud.

Le Gouvernement indien emploie des poteaux dit « Hamilton » formés de tubes en tôle d'acier rivée montés dans des douilles de fonte. Certains de ces poteaux atteignent 58 pieds d'élévation et sont constitués par 8 sections de 8 pieds d'un diamètre à la base de 12 pouces et de 3 pouces au sommet. L'extrémité est couverte d'un chaperon de fonte percé pour recevoir la tige de parafoudre. Les parties extérieures sont galvanisées ; celles enfoncées dans le sol reçoivent plusieurs couches de composition Smith.

L'écartement des poteaux varie suivant les conditions climatériques et les accidents du terrain. L'auteur a vu des écartements de 800 m sur rivières et ravins offrant une résistance satisfaisante. Jusqu'à 300 m, on emploie généralement des fils de cuivre étiré dur ; mais au-dessus de cette distance, on préfère les fils de bronze.

Nous avons vu qu'au Canada, où les fourmis blanches sont inconnues, ce sont les poteaux de bois qui ont la préférence, ils sont généralement fournis pas des troncs de cèdre.

Consoles et traverses. — L'Australie utilise les deux catégories de poteaux selon que les contrées à traverser sont infestées ou non de fourmis blanches. Jusqu'ici, l'administration australienne ne soumettait pas les poteaux de bois à un traitement spécial pour en assurer la conservation. Mais maintenant, dans les régions où les fourmis blanches abondent, les poteaux sont badigeonnés d'une solution d'arsenic et de potasse caustique et ensuite d'un fort goudronnage. Le sol à un pied autour du poteau est lui-même fortement imprégné de la solution, puis recouvert de 9 pouces de terre non empoisonnée. Pour la construction de leurs lignes légères, l'Australie, ainsi que la Nouvelle-Zélande, se servent aussi de leurs vieux rails de chemins de fer.

Les types de consoles et de traverses utilisés dans les colonies britanniques sont nombreux. Cependant, on remarque une tendance de plus en plus marquée à adopter le système d'équipement du Post Office à traverses métalliques tubulaires et supports droits. Citons toutefois, à titre documentaire, la console des figures 3 et 4 en fonte malléable assez répandue dans l'Afrique du Sud ; la bride à épaulement de la figure 5, pour poteaux métalliques, servant à

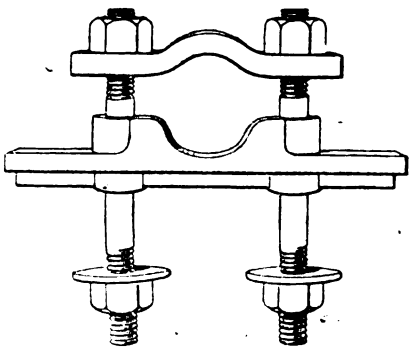


Fig. 5. — Bride à épaulement pour traverses en bois, employées dans l'Afrique du Sud.

maintenir les traverses dans leur position et l'armature arrière de soutien de la figure 6 pour traverses de 8 et 12 isolateurs des poteaux d'arrêt. Bien que l'espacement des isolateurs sur les traverses ne suive pas une règle absolue, on peut généralement admettre pour l'Afrique du Sud, que les fils sont installés comme l'indique la figure 7, selon que les traverses doivent porter 2, 4, 8 et même 12 fils.

Le Canada qui est si riche en bois n'utilise guère que des traverses de sapin. La Colombie britannique lui fournit à

Digitized by Google

cet effet une assez belle collection d'épicéas. Toutes les traverses sont soutenues généralement par deux supports

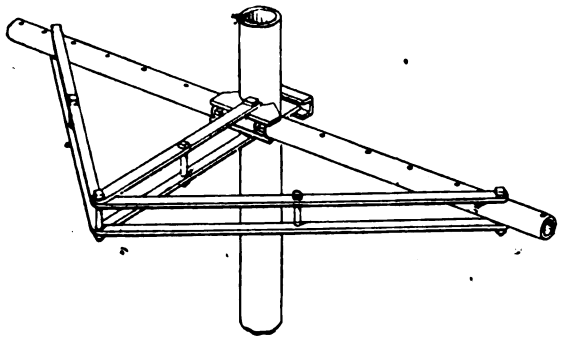


Fig. 6. — Mode de fixation des traverses sur les poteaux en fer, avec tirants pour les poteaux d'amarrage.

en fer galvanisé. En outre, pour résister à la traction des fils, la plupart des poteaux sont haubannés comme le montre la figure 8. Le Canada utilise indifféremment les isolateurs de porcelaine et de verre. La merveilleuse sécheresse du climat permet en effet d'employer largement cette dernière matière.

En Australie, les poteaux de bois sont employés concurremment avec les poteaux métalliques. Les traverses sont fournies par la grande variété d'eucalyptus dont la contrée est si riche. Elles ont généralement une section de 3 pouces carrés avec arête chanfreinées. Les isolateurs sont en porcelaine ou en poterie à double cloche et en deux dimensions montés sur supports de bois. Pour les lignes téléphoniques locales, dont l'isolement n'exige pas un soin particulier, l'Administration tend même ses fils sur des arbres, des arbustes, des bastings, des haies, etc. Il n'y a pas de règle bien absolue, mais on donne cependant la préférence aux arbres et aux bastings. Quand on choisit les arbres, on fait usage d'isolateurs suspendus comme le montre la figure 9. En Nouvelle-Zélande, on n'utilise guère que le bois de fer pour la confection des traverses. Quant à la matière isolante employée, ce sont les cloches en porcelaine du modèle du Post Office qui ont la préférence.

Fig. 7. — Répartition des isolateurs sur les consoles pour 2, 4, 8 et 12 fils.

Conducteurs. — Le fil de fer galvanisé n'est employé que dans la construction des circuits téléphoniques de peu d'importance. Pour les longues lignes télégraphiques et pour les

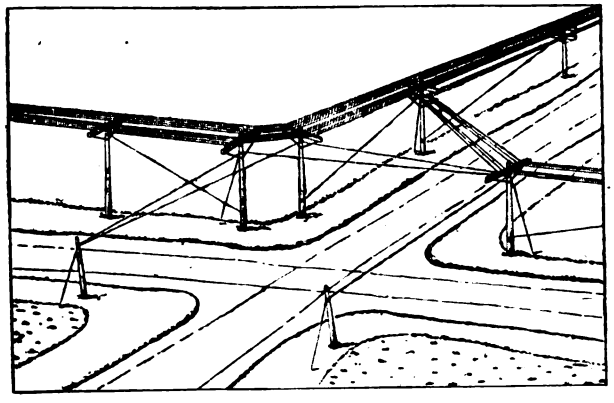


Fig. 8. — Haubannage des poteaux en bois sur les lignes télégraphiques du Canada.

circuits téléphoniques, on se sert à peu près exclusivement de fil de cuivre. Dans l'Afrique du Sud, les calibres de fil les plus courants sont les fils de 70, de 100, de 150, de 200, de 300 et de 400 livres par mile (1 60'3m). On pratique la méthode de rotation des fils sur les circuits de grande communication, et pour des raisons d'économie, on installe les circuits télégraphiques et téléphoniques sur les mêmes appuis.

Dans certaines colonies où les conducteurs ont à franchir de longues distances sans appuis intermédiaires, on se sert de fils de bronze de 150 livres. On a essayé, dans d'autres colonies, d'utiliser des fils d'acier recouverts de cuivre; mais les résultats n'ont pas donné satisfaction. Dans la plupart des cas, c'est l'humidité qui, par suite de défauts résultant de la manipulation de ces conducteurs, pénétrait sous le cuivre et oxydait l'âme d'acier; dans d'autres, et notamment sur les lignes voisines de la mer, l'air salin avait tôt fait de ronger la mince enveloppe et de détruire le conducteur. Dans tous les cas où il importe de maintenir un isolement parfait, on emploie des fils de cuivre étiré à froid ou des fils de bronze isolés suivant les spécifications du Post Office britannique. Cet isolement consiste en papier imprégné recouvert d'un guipage de coton ou d'une tresse de même matière imprégnée elle-même d'une composition imperméable à base de minium. Cette composition est inaccessible à l'humidité et ses propriétés paraissent encore se développer sous l'action de l'air.

Pour la jonction des fils de fer et de cuivre, on fait couramment usage du joint « Britannia ». Cependant, on commence aussi à utiliser les manchons « Mc Intyre ». L'auteur

Digitized by Google

déclare toutefois que, lorsqu'il eut affaire à de la main-d'œuvre indigène, il a toujours préféré la torsade à toute autre espèce de joint.

Pour la constitution de ses réseaux télégraphiques et téléphoniques, le Canada utilise aussi bien le fil de fer que le fil de cuivre. Sur ses principaux circuits télégraphiques, la Compagnie « Great North-Western » emploie des fils de

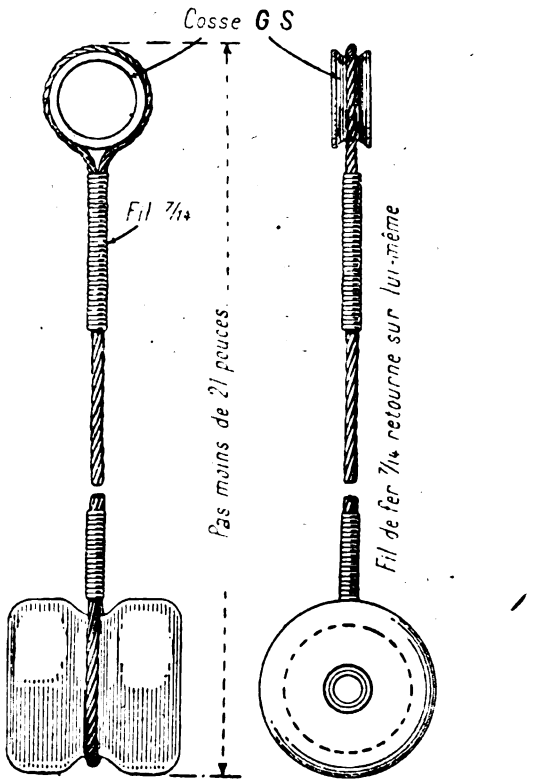


Fig. 9. — Type d'isolateur suspendu à un arbre ou une clôture, pour lignes téléphoniques locales, Australie.

cuivre de 210 livres et sur ses autres circuits, des fils de fer n°s 6, 8 et 9. La Compagnie « Canadian Pacific » utilise également des fils de cuivre de 210 livres pour ses longues lignes télégraphiques et des fils de fer n° 8 sur ses autres lignes.

Quant aux Administrations téléphoniques, elle se servent généralement de fils de fer n° 12 pour les lignes d'intercommunication et pour certaines lignes rurales peu importantes. Mais dans tous les autres cas, elles n'utilisent que des fils de cuivre de différents calibres.

Pour l'installation de ses lignes téléphoniques, le Canada applique le système de permutation adopté par la Compagnie « American Bell Telephone and Telegraph ». La méthode des circuits superposés y est aussi très largement pratiquée (voir fig. 10).

Systèmes télégraphiques et téléphoniques. — Passant ensuite aux systèmes de télégraphes, l'auteur déclare que les appareils et les circuits en usage dans les colonies de la Couronne sont généralement ceux du Post Office. L'appareil télégraphique à aiguille unique, le Morse à simple et à double courant duplex et quadruplex se rencontrent dans les différentes colonies. On y fait aussi un large emploi du vibrateur « Cardew », tantôt superposé aux lignes desservies par des appareils Morse, tantôt en remplacement de ces appareils sur les lignes souffrant chroniquement d'un défaut d'isolement. Dans l'Afrique britannique orientale et dans l'Ouganda, on commence à utiliser l'appareil Wheatstone automatique avec clavier Gell et perforateurs mécaniques ordinaires. Le sounder polarisé Vyles s'y substitue au sounder à relais et, dans certains cas, on y a adapté des condensateurs qui le rendent praticable sur les circuits omnibus de batterie centrale. A Colombo, Ceylan, on a installé l'appareil Baudot sur un circuit de 800 miles de longueur avec Madras. Il existe normalement un relais sur ce circuit, mais la transmission en direct y est possible et même assez fréquente. Les appareils sont identiques à ceux du gouvernement indien; cependant, à l'encontre de la

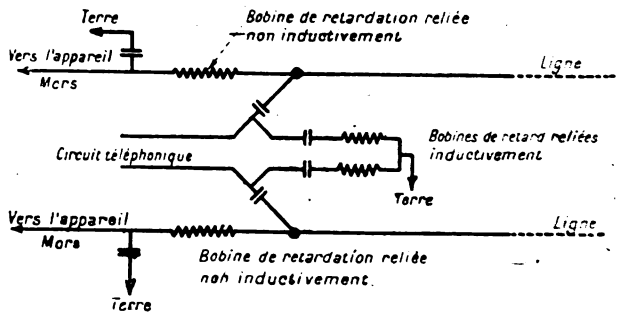


Fig. 10. — Dispositif adopté au Canada pour superposition de deux circuits télégraphiques sur un circuit téléphonique.

méthode suivie par le Post Office, les distributeurs et les récepteurs sont actionnés par des moteurs. Dans bien des cas, on préfère substituer des batteries secondaires aux piles primaires. L'ingénieur en chef des États de Malaisie a installé récemment des éléments du premier type à Kuala Lumpur et à Ipoh. Il dispose ainsi de tensions de 24 v pour les circuits locaux et de 40, 80 et 120 v, positifs et négatifs pour les lignes d'intercommunication. L'élément adopté est du type « Hart » de 45 a-h. (Le conférencier projette des clichés photographiques des tableaux de charge et de distribution sur lesquels sont représentés les fusibles montés sur panneau d'ardoise.) La question de savoir dans quelles circonstances il convient de substituer les batteries secondaires aux batteries primaires est importante et n'est pas de celles qui se décident sur le montant des économies envisagées. Avant tout, il faut considérer que le travail est beaucoup plus sûr par suite de la constance des tensions et que les postes en correspondance ne se plaignent jamais de la faiblesse des signaux. Et ce ne sont pas là des avantages qui s'évaluent en deniers. L'auteur estime que lorsque le nombre des éléments primaires atteint le chiffre de 200, on ne doit pas hésiter à leur substituer des éléments secondaires.

Au Canada, sur les lignes de faible longueur, on applique la méthode des circuits fermés desservis par un seul courant et on répartit la charge de la batterie entre les deux stations terminales. Les lignes plus importantes sont généralement desservies par le duplex et le quadruplex à double courant. La Compagnie « Canadian Pacific » fait une assez large application de l'appareil imprimeur « Morkrum » avec clavier typographique ou clavier perforateur. Il existe un circuit Wheatstone entre Montréal et Bamfield, mais on n'y rencontre pas les appareils Creed, Baudot et Vyles. Enfin

Digitized by Google

sur bien des circuits canadiens importants, les batteries secondaires ont remplacé les piles primaires.

L'Australie se sert du sounder et du Morse pour desservir ses lignes télégraphiques secondaires et du Morse duplex et quadruplex sur les circuits plus chargés. On y a tendance à substituer le téléphone au Morse. L'introduction de l'appareil Murray, du multiplex de la « Western Electric » et du Baudot est à l'étude. Disons aussi qu'on y fait un usage constant du Wheatstone automatique pour la transmission des télégrammes ordinaires et de presse entre les centres importants du Commonwealth. Enfin, l'appareil Creed installé entre les États, de l'Est et de l'Ouest fonctionne depuis 1913 sur le dispositif de la figure 11 avec relais aux points indiqués et retransmission à Adelaïde. En Nouvelle-Zélande, l'appareil Morse à courant unique avec circuit

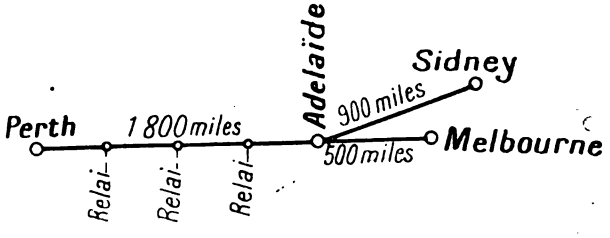


Fig. 11. — Schéma des relais installés sur le réseau Est-Ouest d'Australie.

ouvert ou fermé et le Morse duplex ou quadruplex, tous du type du Post Office britannique, sont les principaux systèmes utilisés.

La dernière partie du mémoire traite des réseaux téléphoniques des différents Dominions et colonies. L'auteur déclare que, dans les colonies de la Couronne, il existe de nombreux réseaux d'étendue modérée à appel magnétique, variant quelque peu dans les détails; mais qu'on n'y rencontre pas de réseaux à appel automatique. Dans l'Afrique du Sud, le nombre des postes téléphoniques, par rapport au chiffre de la population non compris les indigènes, est de 3 pour 100 environ. Tous les services téléphoniques du pays sont sous la direction gouvernementale, sauf le réseau de Durban qui appartient à la municipalité. Chaque ville ou village de quelque importance possède son propre réseau relié à l'ensemble du système. Les plus longues communications pouvant être demandées atteignent 500 miles. On a établi comme règle d'efficacité sonore un rendement auditif égal à 30 miles de câble étalon et on donne l'intercommunication à tout poste compris dans cette limite. On n'y trouve encore aucune application du système de bobines de charge; mais on envisage leur emploi dans la création des longs circuits destinés à relier les centres principaux du Cap et du Transvaal. Dans les grands centraux de l'Etat, on utilise des tableaux manuels à batterie centrale dont le plus important est celui de Johannesbourg avec une capacité de 9 000 lignes.

Au Canada, la Compagnie « Bell » a installé des commutateurs manuels à batterie centrale dans tous ses grands réseaux et des tableaux magnétiques dans les réseaux d'une capacité inférieure à 500 ou 600 lignes. Elle ne possède pas de centraux automatiques. Le réseau téléphonique du gouvernement de Manitoba fonctionne d'après le même principe. Dans les gouvernements d'Alberta et de Saskatchewan, les réseaux de Calgary, de Medicine Hat, de Lethbridge, de Regina, de Saskatoon et d'Edmonton sont équipés d'après le système automatique Strowger. Le dernier réseau, ouvert en 1907, ne comportait qu'une installation de 500 lignes. Il en possède aujourd'hui 10800, dont 9300 sont déjà reliées, et il couvre une étendue de 20 miles carrés desservie par 4 centraux. Tous les autres réseaux de ces deux provinces ont l'appel magnétique sauf les deux centraux de Saskatchewan qui ont la batterie centrale. Quel que soit le développement des réseaux au Canada, il n'est pas encore possible de communiquer téléphoniquement de la côte orientale à la côte occidentale du Dominion. Il existe, en effet, une région de 600 miles entre Fort William et Kenora qui est totalement dépourvue de lignes, et la barrière des Montagnes Rocheuses, entre Alberta et la Colombie britannique, n'a pas encore été franchie par les conducteurs téléphoniques. Les plus longues lignes en exploitation sur le territoire canadien sont celles de Montréal à Windsor et de Montréal à North Bay, distances d'environ 600 miles. A noter que les sections aériennes et souterraines de ces circuits ont été pupinisées.

Il est probable qu'aucun pays au monde n'a pris la téléphonie automatique autant à cœur (so whole-heartedly) que le Commonwealth australien. Dix réseaux sont déjà pourvus d'une installation entièrement automatique, dont le plus

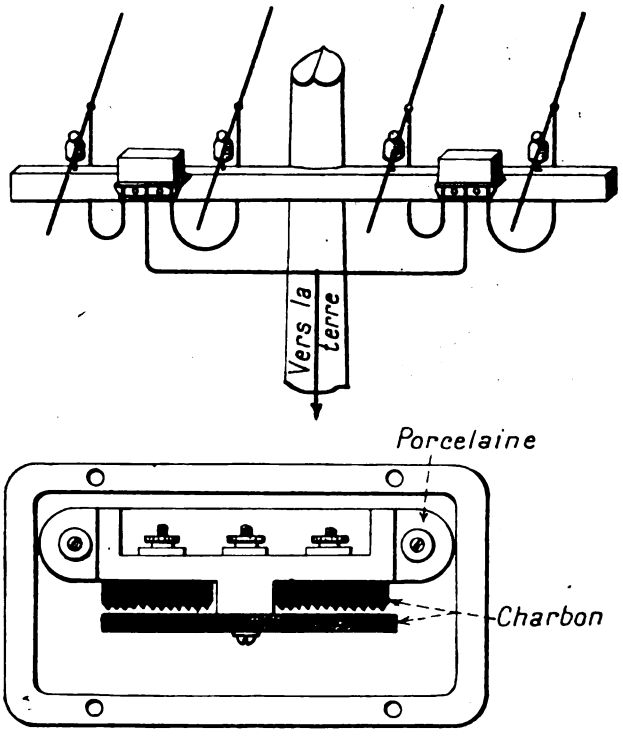


Fig. 12 et 13. — Installation et détail du parafoudre Chapman, employé au Canada.

important est celui de Perth, avec plus de 3000 abonnés. Six autres réseaux sont en cours d'installation ou sur le point de l'être. L'équipement de 18 autres centraux est mis en adjudication et l'administration envisage la création de 14 nouveaux réseaux. Tous les centraux déjà en exploitation sont du type Strowger; mais on expérimente en même temps les systèmes Siemens et de la « Western Electric ».

De bonne heure, la Nouvelle-Zélande a adopté une politique téléphonique; la plupart de ses réseaux datent de

Digitized by Google

vingt et trente années. Ils sont tous du type à appel magnétique.

Dispositifs de protection. — Les moyens de protection contre les décharges atmosphériques sont très variés. L'auteur estime cependant qu'aucun système de parafoudre ne saurait protéger les fils lorsqu'ils sont directement frappés par la foudre et, quel que soit le protecteur employé, il n'est pas rare, dit-il, que de courtes sections de lignes aériennes disparaissent en ayant été complètement volatilisées par le courant. Les décharges contre lesquelles l'ingénieur doit particulièrement se protéger sont celles causées par l'induction des conducteurs. Outre qu'il importe de se défendre de la foudre, il est aussi nécessaire de se protéger contre les courants à haute et basse tension dans les localités pourvues de réseaux d'éclairage et de force.

L'auteur a fait une longue série d'expériences au Natal en vue de rechercher quels types de protecteurs conviennent le mieux aux différentes conditions d'exploitation. Il cite le paratonnerre Chapman des figures 12 et 13, très couramment utilisé au Canada sur les longues lignes téléphoniques. Il décrit aussi un système de protecteur (appareil Wurts), très pratique pour les postes desservis par des employés peu sûrs puisqu'il n'exige pas la mise à la

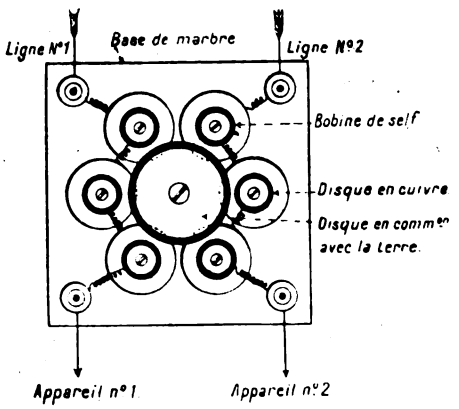


Fig. 14. — Déchargeur Lodge, modèle du Natal.

terre de la ligne. Mais il donne franchement la préférence au déchargeur Lodge (fig. 14), déjà très en faveur au Natal.

Petites ou grandes stations centrales?

Dans « Electrician » du 30 mars 1917 (n° 2028, t. LXXVIII) figure un extrait d'un mémoire lu à l'Institution of Civil Engineers par M. E.-M. Lacey sur la nouvelle centrale électrique de Birchills, Walsall. Cette station est, de beaucoup, celle dont le prix de revient par kilowatt installé est le plus faible (£ 6,6 ou environ 160 fr [1]), et cependant sa puissance totale n'est que de 12 000 kw. La nouvelle grande centrale de Manchester atteint, suivant M. Pearce, £ 11, soit environ 280 fr et le Dr Klingenberg admet le chiffre de £ 7 à £ 7,5 (175 à 185 fr) pour les très grandes stations. L'auteur du mémoire, qui est l'ingénieur ayant dirigé l'érection de l'usine de Birchills, tire des chiffres précédents cette conclusion un peu inattendue qu'il n'y a pas d'avantage à augmenter la puissance des centrales électriques. L'économie réalisée dans la production serait beaucoup moins considérable qu'on ne le croit généralement et pourrait être largement compensée par les frais supplémentaires occasionnés par la nécessité de poser des lignes de transmission desservant un domaine plus étendu.

Quelque excellents que soient les résultats obtenus par M. Lacey à Birchills, il est dans la nature même des choses que les matières et la main-d'œuvre pour les générateurs et l'installation croissent plus lentement que la puissance et, par suite, que le capital engagé soit moindre, proportionnellement, dans les usines importantes. Le rendement y est également meilleur et surtout le facteur de charge, à cause de la plus grande diversité des clients desservis dans un rayon plus étendu. L'importance d'un bon facteur de charge est considérable, non seulement par suite de l'augmentation de rendement et de la diminution de main-d'œuvre, mais encore parce que le capital engagé est mieux utilisé. Ce facteur, qui à 30 pour 100 est déjà élevé pour une petite station, peut atteindre, par exemple, 43,6 pour 100 (Commonwealth Edison Co de Chicago) et 60 pour 100 (Pacific Gas et Electric Co).

Enfin, une petite station tendra toujours fatalement à s'accroître et pourra rencontrer alors des difficultés nombreuses au point de vue de l'emplacement, du ravitaillement en eau et combustible, de l'enlèvement des unités devenues trop faibles. Les réserves faites en vue de la réparation et du remplacement du matériel pourront être trouvées insuffisantes et le coût de production considéré pour toute la durée de la centrale deviendra supérieur à ce qui avait été prévu. Il semble bien que la cause soit déjà entendue et « Electrician » intitule même son article sur ce sujet : « L'hérésie de la petite station ».

Voici, pour terminer, quelques caractéristiques de l'usine qui avait soulevé la discussion :

Trois turbo-alternateurs de 4 000 kw chacun, dont deux installés actuellement. — Turbines horizontales compound à action, pression 12,5 kg : cm² et température variant de la saturation à 325°, vitesse 3 000 t : min. — Alternateurs triphasés 5 000 kv-a, 50 p : sec, 6 000 v. — Six batteries de chaudières Babcock et Wilcox, comprenant chacune une chaudière à tubes d'eau avec surchauffeur intégral, économiseur superposé, foyer mécanique à chaîne, cheminée métallique à tirage forcé par éjecteur, 13 600 kg de vapeur à l'heure par chaudière, l'eau entrant à 38° dans l'économiseur. Les dispositions adoptées réduisent au maximum la superficie nécessaire, les canalisations de vapeur et l'installation de transport du combustible. — Tableaux de distribution, système Reyrolle, supprimant les bâtiments spéciaux et les travaux nécessaires dans le cas de construction cellulaire.

M. B.

(1) Pour permettre une comparaison rationnelle, nous comptons la livre sterling à sa valeur moyenne normale du temps de paix.

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

Assèmblées générales

Compagnie générale de travaux d'éclairage et de force. (Anciens établissements Clémançon.)

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 25 AVRIL 1917.

Les résultats de l'exercice 1916 ont pu être mainteuus pendant l'exercice presque équivalents à ceux d'une année normale.

Le chiffre d'affaires de la Compagnie, qui était l'année précédente de 1 590 995 fr, s'est élevé à 2 262 320 fr, en progression de 671 324 fr.

Les bénéfices forment un total de 215 085 fr, supérieur de 30 112 fr à ceux du précédent exercice. En tenant compte du report de cet exercice qui était de 11 270 fr, le solde bénéficiaire à répartir se trouve de 226 356 fr.

Après divers amortissements et attributions statutaires, un dividende de 8 pour 100 a été attribué aux actions et une somme globale de 50 000 fr a été portée aux réserves qui atteignent ainsi un total de 770 000 fr.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1916.

Actif.

	fr
Fonds de commerce	1 »
Construction et installation	1 »
Agencement de mobilier	1 »
Matériel d'exploitation	1 »
Machines et tours	1 »
Matériel d'expériences	1 »
Outillage	1 »
Modèles	1 »
Immeubles	247 386.65
Matières et marchandises en magasin	530 477,54
Matériel en location	341 886,40
Titres en portefeuille	71 358,30
Emprunt de la Défense nationale	87 316 »
Cautionnements et loyers d'avance	21 159.60
Espèces en caisse	13 634,35
— chez les banquiers	275 813,90
Effets à recevoir	3 454.65
Débiteurs et travaux en cours	1 721 894,61
	3 314 390,75

Passif.

	fr
Fonds social	1 500 000 »
Créditeurs divers	803 479,92
Effets à payer	4 016.85
Coupons et dividendes à payer	36 699.24
Cautionnement à rembourser	23 838,60
Réserve légale	150 000 »
Réserve pour créances douteuses	50 000 »
Réserve pour complément d'assurances contre l'incendie	130 000 »
Réserve de prévoyance	390 000 »
Solde de l'exercice 1916	226 356,14
	3 314 390,75

Compagnie générale parisienne de tramways.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 27 AVRIL.

Au cours de l'exercice, les recettes se sont sensiblement relevées; les dépenses d'exploitation se sont en même temps accrues dans des proportions considérables, et la Compagnie n'a pas encore pu obtenir des pouvoirs publics que les charges nouvelles dues à l'état de guerre soient équilibrées par une modification des contrats.

Les recettes du trafic ressortent à 8 932 798 fr, en augmentation de 1 072 570 fr sur celles de 1915.

Le nombre des voyageurs transportés a été de 76 901 722, en augmentation de 9 418 690 sur l'année précédente.

Les dépenses générales d'exploitation ayant été de 7 326 084 fr, le bénéfice d'exploitation ressort à 1 606 714 fr, en diminution de 365 791 fr en 1915.

Les recettes hors trafic ayant atteint le chiffre élevé de 540 079 fr, le bénéfice total s'est élevé à 2 147 393 fr contre 2 011 249 fr en 1915, soit une différence de 136 143 fr en faveur de 1916.

Si l'on ajoute à ce chiffre le solde créditeur du compte « intérêts et arrérages » de 159 752 fr et le reliquat de 1915 le bénéfice à répartir est de 2 343 774 fr.

De ce chiffre il a été déduit 16 404 fr pour la caisse de secours, 1 072 650 fr pour intérêts et amortissements d'obligations et 700 000 fr attribués à la provision pour réfection des voies et du matériel. Ce dernier compte se trouve ainsi porté à 2 374 164 fr.

Le solde créditeur du compte « Profits et pertes » ressort à 554 720 fr qui ont été verses au compte « Provision spéciale » dont le montant s'élève ainsi à 1 354 988 fr. Ce compte, ouvert en 1914, reçoit annuellement les disponibilités de la Compagnie de façon à pouvoir faire face ultérieurement aux répercussions de l'état de guerre sur son exploitation,

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1916.

Actif.

	fr
Immeubles	9 858 600,48
Voies ferrées, dépendances et dépenses diverses.	24 583 554,15
Canalisations électriques	3 442 331,94
Cavalerie	11 469,81
Matériel roulant, matériel fixe et outillage	12 460 491,08
Mobilier	175 704,66
Compte de réforme de matériel désaffecté	2 874 709,34
Dépenses exceptionnelles de réfection des voies et du matériel	1 295 582,92
Approvisionnements divers	2 224 094,11
Caisses et banquiers	799 751,74
Portefeuille. Cautionnements	4 129 822,15
Dépenses relatives aux lignes nouvelles et à la transformation générale	10 339 660,49
Divers comptes du personnel	3 435,87
Débiteurs divers	3 294 726,54
	75 493 935,38

Digitized by Google

Passif.

	fr
Capital, actions ordinaires et de priorité (amortissements déduits)	39 387 250 »
Obligations 4 pour 100	19 428 486,04
Réserve statutaire	1 225 136,30
Amortissement du capital	5 612 750 »
Réserve d'amortissement par remboursement d'obligations	931 915,51
Fonds d'amortissement	1 179 728,63
Provision spéciale	836 895,57
Provision, règlement de comptes litigieux	178 422,09
Provision pour réfection des voies et du matériel.	2 374 164,98
Droits de stationnement	897 229,56
Personnel. Divers comptes	29 274 »
Divers créditeurs	2 169 043,31
Coupons à payer	439 919,13
Obligations à rembourser	249 000 »
Profits et pertes. Solde de l'exercice 1916	554 720,16
	75 493 935,28

Compagnie française des tramways électriques et omnibus de Bordeaux.

Assemblée générale ordinaire du 19 avril.

Les affaires commerciales et industrielles ont repris une certaine activité pendant l'exercice par suite du développement des industries de guerre et de l'augmentation des importations du port de Bordeaux. Les recettes brutes se sont élevées à 6601 772 fr, en diminution de 29000 fr seulement sur celui de 1913, mais, par contre, les dépenses se sont élevées à 4653686 fr, chiffre supérieur de plus de 200000 fr à celui des dépenses de 1913.

Le bénéfice brut d'exploitation est donc de 1968085,85 fr.

La Compagnie a souffert moins que d'autres du renchérissement des cours du charbon grâce à un contrat passé en 1909 avec l'Energie électrique du Sud-Ouest pour la fourniture du courant.

En raison des restrictions apportées à l'entretien et de la nécessité de faire un gros effort après la guerre pour la remise en état du matériel, le Conseil a proposé de prélever sur les bénéfices une somme de 150000 fr pour porter le compte « Provision spéciale pour la remise en état après la guerre du matériel roulant et des voies » à 1 500000 fr, et de doter le compte « Dépréciation et provision pour accidents et renouvellements » d'une somme de 200000 fr, ce qui porte le montant de ce compte à 450000 fr.

Sur le solde des bénéfices, après amortissements et réserves statutaires, un dividende de 10 fr a été réparti entre les actions de capital.

Le solde, soit 118498 fr, a été reporté à nouveau.

Bilan au 31 décembre 1916.

Actif.

	fr
Dépenses d'établissement du réseau ancien	8 570 589,06
Traction électrique. Dépenses d'établissement au 31 décembre 1916	27 714 709,56
Traction automobile. Dépenses d'établissement au 31 décembre 1916	194 184,89
Caisse, banquiers et portefeuille	2 674 497,08
Débiteurs divers	238 846,50
Cautionnements de la Compagnie	218 748,33
Approvisionnements divers	1 180 549,17
Primes de remboursement des obligations	1 251 295,50
Acompte sur le dividende de l'exercice 1916	474 675 »
	42 518 095,09

Passif.

	fr
Capital actions	23 733 750 »
Obligations en circulation	9 776 000 »
Réserve statutaire	1 010 484,52
Amortissement du capital	1 266 250 »
Fonds d'amortissement d'actions	42,20
Amortissement par remboursement d'obligations.	2 125 795,50
Compte de dépréciation et provision pour accidents et renouvellements	1 400 000 »
Provision spéciale pour remise en état après la guerre du matériel roulant et des voies	450 000 »
Dépôts divers	69 085,01
Créanciers divers	1 462 754,54
Profits et pertes	1 223 933,32
	42 518 095,09

Compagnie générale française de tramways.

Assemblée générale ordinaire du 25 avril.

Le chiffre total des recettes de la Compagnie présente une amélioration importante par rapport à celui de l'année précédente; il atteint 17120249 fr contre 14742966 fr en 1915, 15092067 fr en 1914 et 17285204 fr en 1913. On retrouve donc à peu de chose près les chiffres de 1913, dernière année normale.

L'augmentation de 2377283 fr, par rapport à l'exercice précédent, est due en grande partie aux réseaux de Marseille et du Havre qui interviennent dans le total, le premier pour 1519602 fr et le second pour 541992 fr.

Les renseignements donnés par le Conseil sur les réseaux d'Orléans, des tramways du Var et du Gard, ainsi que ceux de Tunis, montrent que pour ces sociétés les recettes d'exploitation continuent à être en progression; à Tunis, en particulier, l'alimentation en combustible de la Centrale de la Goulette a été favorisée par l'utilisation de 9000 t de lignites provenant de l'exploitation des gisements du Cap-Bon, heureusement commencée par la Compagnie pendant l'exercice.

Le bombardement que subit la ville de Nancy a sérieusement gêné le développement du trafic; quant aux réseaux de Cambrai et Saint-Quentin, il est à craindre qu'ils n'aient à subir de sérieux dégâts, mais il est intéressant de noter à ce sujet qu'un décret du 5 mars 1917 a complété à l'égard des voies ferrées d'intérêt local les dispositions du décret du 20 juillet 1915 relatif aux dommages de guerre, ce qui permet de compter sur l'aide des pouvoirs publics pour remettre ces affaires en état.

Les difficultés relatives au personnel et à l'approvisionnement des matières premières n'ayant fait que croître pendant l'exercice, les produits d'exploitation n'ont pas progressé dans la même proportion que les recettes; ils ont atteint 6458416 fr contre 5846732 fr en 1915. Le résultat total de l'exercice, y compris les produits divers, est de 6675991 fr.

L'intérêt et l'amortissement des obligations ont absorbé 2828813 fr; les comptes « reconstitution du capital » et « provision accidents et renouvellements » ont été dotés, le premier d'une somme de 50000 fr, le second de 1 million.

Le dividende a été fixé à 27,50 fr par action.

Le reliquat de l'exercice, s'élevant à 40133 fr, a été reporté à nouveau ainsi que le reliquat s'élevant à 295000 fr de la provision spéciale constituée sur les bénéfices de 1914 et reportée successivement en 1915 et 1916.

Il est intéressant de noter que les recettes du premier trimestre 1917 ont été en augmentation de 318641 fr sur celles de la même période de 1916.

Digitized by Google

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1916.

Actif.

	fr
Premier établissement	112 035 933,46
Dépenses sur travaux en cours	293 024,75
Cautionnements déposés par la Compagnie	135 364,10
Approvisionnements	3 345 950,33
Valeurs mobilières	5 192 495,58
Immeuble du siège social et obligations diverses affectées au compte « Reconstitution »	1 476 749,40
En caisse et chez les banquiers	2 574 067,30
Débiteurs divers et comptes d'ordre	1 485 461,85
Impôts à récupérer sur actions et obligations	182 204,60
	126 721 251,37

Passif.

	fr
Capital 100 000 actions de 500 fr	50 000 000 »
Obligations en circulation	56 480 625,78
Cautionnements déposés à la Compagnie	170 768,25
Créditeurs divers et comptes d'ordre	1 646 980,69
Obligations à rembourser	379 337,40
Coupons à payer	1 720 741,06
Réserve légale	5 000 000 »
Provision pour accidents et renouvellement	2 184 980,08
Amortissement par remboursement d'obligations	3 416 550 »
Compte de reconstitution du capital social	1 476 749,40
Provision spéciale pour l'exercice 1916 reportée à l'exercice 1917	295 000 »
Profits et pertes, exercice 1916	3 847 177,86
Reliquat bénéficiaire du compte « Profits et pertes »	102 390,85
	126 721 251,37

Gaz de Lyon.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE EXTRAORDINAIRE DU 14 AVRIL 1917.

L'assemblée générale extraordinaire du 14 avril a décidé une augmentation de capital de 7 millions de francs par l'émission de 28 000 actions de 250 fr chacune du même rang que les précédentes, à souscrire au pair, plus une somme de 25 fr pour égaliser la jouissance et faire face aux frais.

Elles sont réservées par préférence aux détenteurs d'actions anciennes, à raison d'une action nouvelle par deux actions anciennes.

Le capital sera ainsi porté à 21 millions de francs.

L'assemblée générale a décidé qu'il serait prélevé sur la réserve provenant de l'émission antérieure d'actions avec prime une somme de 3 500 000 fr qui sera affectée à la libération des deuxième et troisième quarts des actions nouvelles.

Compagnie centrale d'éclairage et de transport de force par l'électricité.
(Compagnie d'électricité de Limoges.)

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 26 AVRIL.

Les recettes totales d'éclairage et de distribution de force motrice de la Compagnie se sont élevées à 1 298 993 fr en augmentation de 133 118 fr sur celles de l'exercice précédent; mais, en raison de l'augmentation des prix de revient de la force motrice produite par l'usine thermique de Limoges à laquelle il a fallu demander un appoint pour venir en aide aux usines hydrauliques pendant les heures de pointe, les dépenses d'exploitation ont atteint 598 735 fr. en augmentation de 186 382 fr sur l'année précédente. Le bénéfice de l'exercice ressort donc à 505 414 fr.

Le développement des affaires de la Compagnie a suivi une progression normale très encourageante pour l'avenir lorsque les conditions de production de l'énergie seront redevenues normales. Le nombre des abonnés branchés sur le réseau était de 4 157 au 31 décembre 1916, en augmentation de 136 sur l'année précédente. En raison des circonstances, les travaux neufs ont été réduits au strict minimum, mais le rapport du Conseil fait ressortir que, pour faire face en toute sécurité aux demandes de la consommation dont il prévoit une nouvelle extension, un nouveau groupe turbo-alternateur de grande puissance devra être installé.

Aussi, dans la prévision de l'accroissement qui en résultera pour le compte de premier établissement, le Conseil a-t-il décidé, dans la répartition des bénéfices, de porter à un compte une somme de 240 194 fr, et de prendre, comme les années précédentes, une provision de 50 000 fr pour renouvellement et entretien des accumulateurs.

Le dividende distribué aux actions a été fixé à 6 pour 100, soit 6 fr par action.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1917.

Actif.

	fr
Apports suivant statuts	500 000 »
Terrains, constructions, installations et divers (amortissements déduits)	6 628 427,44
Compteur	1 »
Titres en portefeuille	274 149,45
Marchandises en magasin	111 073,70
Débiteurs divers	347 662 »
Caisses et banques	389 199,45
Impôts sur titres à recouvrer	18 923,82
Primes de remboursements sur obligations	1 947 025,85
	10 216 462,71

Passif.

	fr
Capital	2 850 000 »
Obligations en circulation	6 016 000 »
Réserve légale	285 000 »
Fonds d'amortissement des actions	162 683,40
Créditeurs divers	164 200,25
Avances sur canalisations	1 786,45
Obligations amorties et coupons échus non encore présentés	103 053,98
Provision pour entretien d'accumulateurs	110 000 »
Comptes d'ordre	18 323,74
Profits et pertes. Exercice 1916	502 414,89
	10 216 462,71

Société électrochimique du Giffre.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 22 MARS 1917.

L'exercice, se terminant au 31 décembre 1916, se solde par un bénéfice de 676 483 fr, supérieur de 108 499 fr à celui de 1915 et de 273 750 fr à celui de 1914.

Ce résultat est dû à des ventes plus importantes de produits spéciaux.

Les divers chapitres du bilan au 31 décembre 1916 n'attirent aucune observation spéciale. On remarquera seulement qu'une somme importante de 150 000 fr a été portée à la réserve extraordinaire qui se trouve ainsi élevée à 400 000 fr.

Sur ce chapitre sera imputée une partie des dépenses qui sont la conséquence du fait de la guerre et notamment le paiement des impôts spéciaux.

Digitized by Google

En raison des résultats obtenus, le dividende a été fixé à 60 fr par action.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1916.

Actif.

	fr
Usine de force aménagée pour 10000 ch	2 650 000 »
Participations industrielles	422 701 »
Immeubles et travaux neufs	620 523,55
Portefeuille	1 082 002 »
Caisse et banques	464 004,95
Débiteurs divers	1 165 473,50
Marchandises fabriquées	188 383,10
Matières et approvisionnements	424 482,85
Acompte sur dividende 1916	125 000 »
	7 142 570,95

Passif.

	fr
Capital	2 500 000 »
Réserves :	
Légale	146 075,05
Spéciale aux actions	114 692,90
Extraordinaire	250 000 »
Amortissements :	
Usine de force aménagée de 10000 ch	1 250 000 »
Participations industrielles	390 000 »
Provision pour immeubles et travaux neufs	610 000 »
Créanciers divers	1 205 319,05
Profits et pertes. Bénéfice de l'exercice 1916	676 483,95
	7 142 570,95

Banque nationale de Crédit.

L'assemblée générale ordinaire de la Banque nationale de Crédit a eu lieu le 1er mai.

Le rapport du Conseil d'administration signale la participation importante prise par la Banque nationale de Crédit dans les diverses émissions du Trésor (bons et obligations de la Défense nationale, emprunts 5 pour 100), qui s'élève, depuis le début des hostilités au 31 décembre 1916, à la somme de 1526 millions de francs.

Fondée dans le but de venir en aide au commerce et à l'industrie, la Banque nationale de Crédit a établi, dans certains centres industriels, Lyon, Saint-Etienne, Vienne (Isère), plusieurs succursales appelées à rendre, surtout dès l'après-guerre, des services très appréciables aux multiples sociétés de ces régions, sous la forme de crédits à court terme, facilités de caisse, émissions, etc.

Les bénéfices de l'exercice ont été de :

	Fr.	5 832 051,74

(contre 4742 173,36 en 1915).

Il y a lieu de déduire la part revenant à l'Etat en vertu de la loi sur les bénéfices de guerre	158 096,51
Reste	5 673 955,23
auxquels il convient d'ajouter :	
Report réservé de 1914	480 597,43
Fr.	6 154 552,66

Cette somme a été répartie comme suit :

Dividende de 10 pour 100 aux actions	Fr.	2 500 000 »
Aux parts de fondateur		1 635 884,33
Tantièmes statutaires		467 395,52
A reporter à nouveau		1 551 272,81
Total	Fr.	6 154 552,66

Après cette répartition, les réserves, provisions et profits et pertes atteindront :

Fr. 28 257 413,70

Le paiement du dividende aux actions et aux parts de fondateur aura lieu à partir du 2 mai aux caisses de la Société, sous déduction des impôts, soit à raison de :

Fr : 11,875 pour les actions.

Fr : 10,3606 pour les parts de fondateur nominatives.

Fr : 10,2106 pour les parts de fondateur au porteur contre coupon n° 3.

Revues, analyses et informations

Chambres de commerce.

CHAMBRE DE COMMERCE D'ALGER. — Dans sa séance du 24 janvier, cette Chambre s'est préoccupée de la question des *zones franches* au sujet de laquelle un rapport lui avait été demandé par l'Assemblée des présidents des Chambres de Commerce. En réponse à cette demande, la Chambre fait savoir qu'un travail très important de son vice-président, M. Rigollet, sur l'établissement des zones franches dans les ports maritimes, a été discuté par elle dans sa séance du 12 octobre 1910 et que ce travail ainsi que le résumé de sa discussion ont été réunis en un petit opuscule; cet opuscule est transmis au président de la Chambre de Commerce de Paris.

CHAMBRE DE COMMERCE FRANÇAISE DE GENÈVE. — A la séance du 6 mars, le président, M. Mazuy, a rendu compte à la Chambre de la réunion du Comité franco-suisse du Haut-Rhône qui a eu lieu à Lyon le 3 mars et au cours de laquelle ont été émis les deux vœux suivants :

« 1° Le ministre des Travaux publics est prié de faire procéder, le plus tôt possible, à l'élaboration d'un avant-projet détaillé de l'aménagement du Haut-Rhône, de Lyon à la frontière suisse, en tenant compte de la navigation, de manière à assurer avec une parfaite sécurité le passage de chalands de 600 t.

» Les travaux d'exécution devraient être entrepris et achevés simultanément sur le territoire des deux pays.

» 2° Les gouvernements français et suisse sont priés de conclure la convention internationale nécessaire à la réalisation de la voie navigable Lyon-Genève, assurant l'exécution des travaux et l'organisation de l'exploitation technique et commerciale. »

A la séance du 3 avril, la question de l'aménagement du Haut-Rhône a été de nouveau envisagée, et M. Autran, ingénieur, secrétaire du Comité franco-suisse du Haut-Rhône, a fait connaître l'état des travaux du Comité, dont la création remonte à 1912 mais qui, en raison des événements actuels, n'a pu encore se réunir que deux fois.

Digitized by Google

SECTION DE LÉGISLATION

La crise du gaz devant les Conseils de préfecture

Nous avons signalé dans la Revue plusieurs décrets et arrêtés, pris à la suite de l'arrêt du Conseil d'Etat du 30 mars 1916, et autorisant les Compagnies de distribution de gaz et d'électricité à élever provisoirement leurs tarifs pendant la durée de la guerre. On aurait pu croire que la décision du Conseil d'Etat allait définitivement servir de base à des ententes amiables entre les municipalités et les Compagnies de distribution; il n'en a rien été et actuellement de nombreux procès sont en cours. L'auteur de l'article ci-dessous étudie la question au point de vue juridique et montre que l'arrêt du Conseil d'Etat est conforme au droit et à l'équité.

Depuis l'arrêt du 30 mars 1916 (*Gaz de Bordeaux*), par lequel le Conseil d'État s'est prononcé sur les droits respectifs des Compagnies gazières et des villes pendant la crise du charbon, et a invité concédants et concessionnaires à se mettre d'accord sur les conditions spéciales dans lesquelles le concessionnaire pourrait continuer le service, plus de cinq cents arrangements sont intervenus. Il eût été facile de terminer tous les litiges à l'amiable, en instituant une Commission spéciale composée en nombre égal de représentants des intérêts en cause et présidée par un conseiller d'État. Les deux parties se seraient volontiers prêtées à la conciliation. Malheureusement, ceux qui auraient dû prendre l'initiative d'une procédure aussi simple s'en sont abstenus. Bien plus, au lieu de faciliter l'application amiable des principes posés par le Conseil d'État, ils se sont ingéniés à les combattre et ils ont poussé les communes vers les prétoires au lieu de les en détourner. Les Compagnies gazières ont été contraintes de plaider. Plus de deux cents procès sont en cours devant les quatre-vingt-six Conseils de préfecture de France. A l'heure actuelle, près de trente Conseils ont statué sur des requêtes tendant à obtenir tant une indemnité pour le passé qu'un relèvement du prix du gaz pour l'avenir. Quelques-uns seulement ont refusé de se conformer à la décision de la Haute Assemblée, s'insurgeant contre les directions que le juge d'appel avait cru devoir leur donner. Tous les autres ont proclamé le droit des Compagnies gazières, quelques-uns, il est vrai, en en subordonnant l'application à des modalités qui le font quelquefois presque disparaître, mais la plupart, et de beaucoup, en se bornant à s'approprier complètement les principes de l'arrêt du 30 mars 1916, tels qu'ils ont été mis en lumière par les conclusions de M. le Commissaire du gouvernement, Chardenet.

Le moment est venu d'étudier les décisions rendues dans les sens divers par les juges administratifs du premier degré.

Quelques Conseils de préfecture, disons-nous, ont nettement refusé de s'incliner devant l'arrêt du 30 mars 1916. Quelle doctrine ont-ils donc opposée à celle du Conseil d'État pour dénier aux Compagnies de gaz un droit que la jurisprudence souveraine leur a reconnu? Tous ont fait appel à la même. L'article 1 134 du Code civil veut que les conventions légalement formées tiennent lieu de loi à ceux qui les ont faites. Or le contrat de concession est un contrat aléatoire et forfaitaire, intangible et immuable, qui lie le concessionnaire, obligé d'en subir les conditions, pendant toute la durée de la concession. Sa longue durée permet de prévoir les pires aléas et les plus amples fluctuations dans tous les sens, et de profiter des bonnes chances comme de supporter les mauvaises. Seule la force majeure, en empêchant d'une façon absolue l'exécution, peut délier le concessionnaire de ses obligations.

Cette argumentation n'est pas nouvelle : on la trouvait déjà dans tous les arrêtés des Conseils de préfecture qui, avant le 30 mars 1916, avaient rejeté les demandes des Compagnies gazières. On la trouvait aussi dans la défense de la ville de Bordeaux devant le Conseil d'État. Elle dénote une connaissance insuffisante du droit administratif. Personne ne conteste que l'article 1 134 du Code civil fasse, en matière administrative comme en toute autre matière, une obligation absolue au juge de respecter les conventions des parties et d'en assurer l'exécution. L'erreur des Conseils de préfecture ne peut résider dans l'affirmation de ce principe. Elle réside dans la définition même de la convention de la concession de service public et la détermination des obligations qui en découlent pour le concessionnaire.

Les contrats administratifs, marchés de travaux publics, de fournitures, ne sont pas des contrats aléatoires. L'article 1 104 du Code civil fait la distinction entre le contrat commutatif lorsque chacune des parties s'engage à donner ou à faire une chose qui est regardée comme l'équivalent de ce qu'on lui donne ou de ce qu'on fait pour elle et le contrat aléatoire lorsque l'équivalent consiste dans une chance de gain ou de perte pour chacune des parties, d'après un événement incertain. Dans les contrats administratifs, l'équivalent pour chacune des parties consiste dans des droits parfaitement fixés et non dans une chance de gain ou de perte d'après un événement incertain : s'il y a un aléa dans les produits à attendre de l'exercice de ces droits, aléa qui ne touche

Digitized by Google

que le concessionnaire, il n'y a pas contrat aléatoire; ces contrats sont commutatifs.

Ce sont de plus des contrats commutatifs d'une nature spéciale. Les marchés dont parle le Code civil dans la section III, livre VIII, titre VIII, sous la dénomination de « devis et marchés » ne mettent en jeu que des intérêts privés et sont soumis à toutes les règles du droit civil sur les obligations. Les marchés administratifs de travaux publics ou de fournitures, au contraire, mettent en jeu des intérêts publics, s'exécutent aux dépens des deniers publics et obéissent à des règles propres. Nombre d'articles du Code civil ne leur sont pas applicables. On ne voit pas un entrepreneur ou un fournisseur de l'État invoquant l'article 1 184 du Code civil pour obtenir des tribunaux des délais pour l'exécution de son obligation, ou l'article 1 143 pour faire détruire ce que l'Administration aurait fait en contravention avec ses engagements, ou l'article 1 144 pour se faire autoriser à exécuter lui-même une obligation contractée par l'Administration. On ne voit pas davantage l'entrepreneur ou le fournisseur usant de la procédure d'exécution pour se payer sur les deniers publics.

Les « devis et marchés » du Code civil mettent à la charge de l'entrepreneur ou du fournisseur tous les risques de l'opération, les marchés administratifs de travaux publics ou de fournitures, au contraire, précisément parce que leur matière est l'intérêt public, excluent les risques illimités; ils sont faits pour être exécutés dans certaines conditions que les contractants ont eues en vue et dans ces conditions seulement. L'Administration ne s'assure pas, par avance, par le prix qu'elle paie, contre l'éventualité de risques hypothétiques, et peut-être purement chimériques. Si, en cours d'exécution, surviennent des événements exceptionnels qui apportent à l'entrepreneur *des charges* que les parties n'avaient ni prévues, ni voulu rémunérer, elles feront l'objet d'une rémunération supplémentaire. Cette différence entre les contrats civils et les contrats administratifs est nettement soulignée par M. Hauriou dans une note au *Sirey* (1916-3-17) en ces termes : « La théorie civiliste du contrat est que toutes les éventualités possibles soient censées avoir été prévues. La théorie administrative du contrat est que les contractants ne sont censés avoir prévu que les éventualités habituelles d'après le droit commun de la vie, lequel s'établit avant tout dans l'état de paix, et qu'ainsi, il y a « une marge pour l'imprévision ». C'est la théorie de l'imprévision qui vient compléter la théorie du *contrat de prévisions non aléatoire*. Cette conception des contrats est toute dans l'intérêt de l'Administration qui, d'une part, ne paie que des risques limités et, d'autre part, est toujours certaine que l'exécution ne sera pas paralysée par la survenance de sujétions exceptionnelles.

C'est cette théorie qui est consacrée par toute la jurisprudence du Conseil d'État. Dans les marchés des Ponts et Chaussées, l'article 12 des clauses et conditions générales stipule que « l'entrepreneur ne pourra, sous aucun prétexte, revenir sur les prix du marché, qui auront été consentis par lui ». Dans un contrat civil, ce texte exclurait toute plus-value possible, quelles que soient les difficultés rencontrées. En matière administrative, il n'exclut pas les plus-values lorsque l'exécution sort des conditions prévues par les parties (C. Etat, 22 novembre 1895, *Leb.*, 750; 10 juillet 1895, *Leb.*, 592; 22 janvier 1904, *Leb.*, 54; 2 février 1905, *Leb.*, 105; 16 mars 1906, *Leb.*, 239; 26 octobre 1911, *Leb.*, 983). Dans toutes ces affaires, la base du droit de l'entrepreneur n'est pas une disposition du contrat, ni un fait ou une faute de son cocontractant, c'est uniquement la rencontre de difficultés exceptionnelles d'exécution qui constituent une « imprévision ». Au lieu des conditions d'exécution matérielle, s'agit-il de la variation des prix, l'article 33 des clauses et conditions générales de 1895 limite le droit de l'entrepreneur à la résiliation sans indemnité. Un arrêt du 24 novembre 1905 (*Leb.*, 678) précise que cette limitation n'est applicable qu'autant que l'augmentation des prix est le résultat « de causes économiques normales » (Conf. concl. de M. Chardenet sur arrêt 30 mars 1916).

Dans les marchés de fournitures, la jurisprudence n'est pas différente (C. Etat, 27 novembre 1835, Cahors; 8 janvier 1875, *Leb.*, 9; 20 avril 1877, *Leb.*, 358; 14 novembre 1902, *Leb.*, 655; 20 mai 1904, *Leb.*, 430; 8 novembre 1911, *Leb.*, 985). Ces marchés présentent assurément pour les fournisseurs des aléas de variations des prix de leurs fournitures : ces aléas sont ceux que comportent les circonstances économiques. Toutes les fois que les variations supérieures sont provoquées par des événements exceptionnels imprévus, le Conseil d'État reconnaît leur droit à rémunération complémentaire (20 mai 1904; 20 avril 1877), même malgré les clauses contraires (27 novembre 1835; 8 janvier 1875).

Est-ce là une modification du contrat? Nullement; c'est l'application stricte de l'article 1 134 : la convention fait la loi des parties, *mais dans les limites qu'impose sa nature* (art. 1 135). Elle a été faite pour être exécutée dans des conditions économiques normales; des faits postérieurs sont survenus qui apportent des charges dont les parties n'avaient pas pu tenir compte; comme le travail ou la fourniture ne peuvent être arrêtés, ils seront effectués jusqu'au bout; quelles que soient les difficultés, mais l'entrepreneur ou le fournisseur sera rémunéré des charges qui excèdent la limite de son obligation et qu'il n'était pas tenu de supporter.

Tout cela s'applique a fortiori au contrat de concession de services publics. C'est un marché qui charge une Société d'exécuter un travail public et après l'achèvement d'assurer un service public en la rémunérant par la délégation du droit de percevoir une redevance sur les usagers du service. C'est un marché qui n'a pas d'analogie en droit civil et dont les règles dérivent à la fois de sa nature et des stipulations du contrat lui-même (Aucoc, *Conf.*, t. II, p. 709; Dalloz, *Jur. gén.; Voirie par chemin de fer*, n° 95; rapport de M. Féraud-Giraud sur req.; 28 décembre 1880, p. 82, I, 230). Il y a longtemps que la jurisprudence civile ou administrative a déduit de la nature de ce contrat des règles qu'elle considère comme d'ordre public et qui n'ont besoin d'aucun

Digitized by Google

texte pour être appliquées. Elle décide ainsi que la nature de la concession interdit à un concessionnaire de chemins de fer de se livrer à aucun acte ou commerce fait dans un but de spéculation et étranger à sa concession (Civ. rej., 5 juillet 1865, P. 1865, 1, 1 166; Req., 19 décembre 1882, P. 1884, 1, 1 065; Paris, 2 août 1900, S. 1901. 2, 135; Req., 18 avril 1910, *Revue des concessions*, 1910, 192). Elle décide d'autre part que la nature de la concession interdit à une Compagnie de chemins de fer de céder sa concession à des tiers sans l'autorisation préalable de l'autorité supérieure (Cass., 14 février 1859, S. 1859, 1, 207; Civ. cass., 5 décembre 1882, S. 1884, 1, 360; 15 février 1884, 1, 655; Avis C. État, 9 août 1871; Voies ferrées de la France, n° 1 160; C. État, 31 mai 1878; de Meritens, même jurisprudence en matière de concession d'eau, 20 janvier 1905; Eaux de Langres). La base de cette jurisprudence, c'est que par sa nature le contrat de concession comprend deux éléments : d'abord et avant tout, le texte qui institue et organise le service public, qui en règle le fonctionnement dans tous ses détails, par exemple en matière d'éclairage, la création de l'usine, l'établissement des canalisations, la qualité et la pression du gaz, les heures de fourniture, les prix; ensuite la délégation d'exploitation du service faite au concessionnaire. Si ces deux éléments sont inséparables dans le contrat, celui qui domine est incontestablement l'organisation du service public.

Or c'est précisément parce que l'élément dominant du contrat est l'institution du service public que ce contrat ne peut comporter des risques illimités.

Un service public qui réside dans une exploitation industrielle dont les seules ressources consistent dans la perception d'une redevance maximum par mètre cube de gaz vendu, redevance fixée d'avance pour cinquante ans ne peut s'accommoder d'aléas illimités. Sa stabilité et sa continuité exigent qu'il ne soit exposé qu'aux aléas dont il est possible de faire état et d'apprécier l'importance au moment où le taux de la redevance est fixé, c'est-à-dire aux aléas qui peuvent résulter des circonstances économiques. Lorsque le service public est organisé et exploité directement en régie par la ville, il est impossible de le concevoir autrement. Survenant des événements exceptionnels, imprévus, qui n'ont pu être envisagés lorsque les prix du gaz ont été fixés, les charges nouvelles, qui pèseront sur le service public, devront être compensées par des ressources nouvelles apportées par les usagers : la ville exploitant en régie ne sera nullement tenue de supporter sur son budget les dépenses imprévues qui excèdent les charges normales du service. Il n'en peut être autrement lorsque le service est concédé. La concession *n'a pas pour but d'élargir les aléas inhérents au service*, mais seulement de déléguer la gestion du service et de mettre à la charge d'une société les aléas limités qui auraient reposé sur la commune. Si la commune se décharge sur un concessionnaire de l'exécution d'un service, elle s'en décharge avec les aléas qu'elle aurait eu à supporter elle-même, si elle eût exploitée en régie, mais la concession n'a pas pour objet d'organiser le service sur d'autres bases que celles qui dérivent de la nature de ces aléas nécessairement et essentiellement limités, et d'imposer au concessionnaire toutes les chances défavorables sans limite. Qu'il y ait régie ou concession, les aléas qui pèsent sur le service public sont les mêmes, ce sont ceux qui résultent ou peuvent résulter des circonstances économiques.

Cette conception correspond à la réalité des faits. On peut s'en convaincre à la seule lecture des travaux préparatoires qui ont précédé l'organisation des services d'éclairage dans les grandes villes de Paris, Lyon, Marseille, Bordeaux, Toulon. L'organisation du service précède toujours le choix du mode de gestion.

Il faut ajouter que cette conception du contrat de concession est consacrée par la jurisprudence du Conseil d'État dans les arrêts des 3 avril 1908 (Lézignan), 21 juillet 1911 (Hyères), 7 mars 1913 (Angers), qui chargent des experts de rechercher si un contrat d'électricité présenté à une Compagnie gazière pour l'exercice de son droit de préférence, permet une *exploitation régulière* et une *rémunération normale*; et dans l'arrêt du 8 mai 1912 qui, en chargeant le juge administratif de préparer tout un contrat de concession électrique, dit que ce contrat devra être établi de façon que l'exploitation *soit régulièrement assurée et normalement rémunérée*. Ces expressions sont loin de pouvoir se concilier avec l'éventualité de risques illimités, d'une exploitation anormale. L'indication n'est pas moins nette dans les conclusions de M. le Commissaire du gouvernement, Blum (11 mars 1910), qui insista sur l'essence du contrat de concession, qui est de rechercher et d'établir une équivalence honnête entre les charges imposées aux concessionnaires et les avantages qui lui sont concédés, et sur la base de ce contrat qui est établi tout entier sur les prévisions des parties (Conf. C. État, 11 mars 1910, *Leb.*, 217: 28 janvier 1910, *Leb.*, 85; 4 août 1905, *Leb.*, 770).

Si, par sa nature, le contrat de concession de service public est un contrat de prévision à risques limités, on voit par où pèche le raisonnement des Conseils de préfecture qui ont refusé de suivre l'arrêt du 30 mars 1916. Dès lors que le contrat n'impose au concessionnaire que les aléas de variations de prix des matières premières nés de circonstances économiques, il ne s'agit plus de savoir si les événements qui ont entraîné la hausse du charbon et qui sont par eux-mêmes événements de force majeure, ont pour effet de rendre impossible d'une façon absolue l'exécution du service; il s'agit de savoir *s'ils créent une charge qui dépasse celle que le contrat impose au concessionnaire*. Si non, le concessionnaire n'a aucun droit, mais si oui, l'article 1134 du Code civil ne peut pas permettre au juge de lui faire supporter une charge qui ne lui incombe pas. Et comme il faut que le service s'exécute, comme l'intérêt général fait un devoir au concessionnaire de le continuer même dans les conditions extracontractuelles, il faut bien lui tenir compte des dépenses qui excèdent celles auxquelles il peut être tenu, lui donner une *indemnité compensatrice* de ce surcroît de dépenses, suivant l'expression de M. Hauriou (note précitée).

Digitized by Google

L'arrêt du 30 mars 1916 n'a pas fait autre chose que de consacrer cette conception du contrat de concession.

Le premier considérant dit nettement que « la variation du prix des matières premières à raison des circonstances économiques constitue un aléa du marché qui peut, suivant le cas, être favorable ou défavorable au concessionnaire et demeure à ses risques et périls, chaque partie étant réputée avoir tenu compte de cet aléa dans les calculs et prévisions qu'elle a faits avant de s'engager ». Voilà une déclaration de principe qui affirme à la fois que le contrat de concession est un contrat de prévisions, qu'en ce qui touche la variation des prix des matières l'aléa est limité aux variations à raison des circonstances économiques et que cet aléa est le même pour les deux parties qui en souffriront ou en profiteront toutes les deux.

Le second considérant indique d'abord quels sont les événements imprévus distincts des circonstances économiques qu'il convient de retenir : ce n'est pas la guerre, ce sont « l'occupation par l'ennemi de la plus grande partie des régions productrices de houille dans l'Europe continentale, les difficultés de plus en plus grandes des transports par mer... »; et il constate que les conséquences de ces événements ont dépassé tout ce qu'auraient pu produire les circonstances économiques, en occasionnant « une hausse dans le prix du charbon qui s'est trouvée atteindre une proportion telle que non seulement elle a un caractère exceptionnel, mais qu'elle entraîne dans le coût de la fabrication du gaz une augmentation qui, dans une mesure déjouant tous les calculs, dépasse certainement les limites extrêmes des majorations ayant pu être envisagées par les parties lors de la passation du contrat de concession. »

Ces prémisses posées, l'arrêt en déduit la conclusion logique et inéluctable, c'est que, par suite du concours des circonstances ci-dessus indiquées, l'économie du contrat se trouve absolument bouleversée, et que la Société est fondée à soutenir qu'elle ne peut être tenue d'assurer, *aux seules conditions prévues à l'origine*, le fonctionnement du service tant que durera la situation anormale.

Arrêt d'espèce, ont dit certains Conseils de préfecture : cette objection révèle un oubli des principes et de la jurisprudence ci-dessus rappelés et leur volonté de ne pas lire les termes mêmes de l'arrêt. Dans sa rédaction, on cherche en vain autre chose qu'une déclaration de principes propres au contrat de concession *in genere* et une constatation des événements qui constituent l'imprévision. On n'y trouve rien qui soit tiré des clauses du contrat de Bordeaux ou des circonstances propres à l'affaire de Bordeaux. S'il avait voulu statuer au regard d'une espèce et par des raisons d'espèce, le Conseil d'Etat aurait trouvé dans le traité de Bordeaux un article 31 ainsi conçu : « En cas de hausse du prix du charbon ou de diminution de consommation, les prix de vente seront élevés dans la même proportion, mais ils ne pourront *jamais dépasser* 13 centimes, 17 centimes et 8 centimes, qui seront des maxima. » Cet article qui ne prévoyait le relèvement du prix du gaz que pour le limiter à des prix qui ne pourraient jamais être dépassés et qui seraient des maxima, plaçait la Compagnie du gaz de Bordeaux dans des conditions moins favorables que les autres. Si le Conseil d'Etat pouvait en faire état, c'était pour rejeter sa demande; on ne voit pas comment il pouvait s'en inspirer pour lui ouvrir un droit à un relèvement sans limite.

Aussi ne doit-on considérer que comme des incidents de la lutte que soutiennent les Compagnies gazières les quelques arrêtés qui se sont mis nettement en opposition avec l'arrêt du 30 mars 1916. Tous ces arrêtés sont déférés actuellement au Conseil d'Etat qui maintiendra certainement sa jurisprudence.

Si les autres Conseils de préfecture, au nombre de plus de vingt, ont nettement consacré la théorie du contrat de prévision et celle de l'imprévision, les décisions de quelques-uns soulèvent une question d'application de ces théories à laquelle il convient de s'arrêter.

Après les principes posés ci-dessus, le calcul de la compensation due au concessionnaire à raison de la hausse du charbon reste seul à faire et semble s'imposer logiquement. Le droit résulte pour lui de ce que les événements imprévus apportent dans le prix de fabrication du gaz une majoration qui dépasse les limites extrêmes des prévisions que les parties ont pu faire, il existe dès maintenant et par ce seul fait; ce qu'il convient de déterminer avant tout c'est donc la limite extrême des prévisions des parties en ce qui concerne la majoration du prix de fabrication du gaz, ou, ce qui revient au même, en ce qui concerne le prix du charbon qui représente 75 et même 80 pour 100 du prix de revient de fabrication. Cette limite déterminée, tout ce qui, dans la hausse actuelle, est en deçà rentre dans les prévisions du contrat et incombe à la Compagnie ; tout ce qui est au delà *sort des prévisions du contrat* et incombe par conséquent à la ville.

C'est là l'application pure et simple de la double théorie du contrat administratif de prévisions et de l'imprévision, telle qu'elle est appliquée en matière de travaux publics, lorsque l'entrepreneur rencontre des délais imprévus ou des difficultés exceptionnelles d'exécution, ou en matière de marchés de fournitures, lorsque le fournisseur exécute sa fourniture dans des conditions essentiellement différentes de celles qui ont été prévues, le droit naît avec l'imprévision, il est actuel, l'indemnité doit être liquidée dès maintenant sans attendre la fin du marché. L'étendue du droit se mesure à l'étendue de la charge imprévue imposée à l'entrepreneur ou au fournisseur; c'est juridique, mais c'est aussi logique et équitable, car il est impossible d'apercevoir au nom de quelle équité on imposerait à l'entrepreneur ou au fournisseur une charge qui ne lui incombe pas. La jurisprudence à cet égard n'a jamais hésité (arrêts précités).

C'est aussi l'application de l'arrêt du 30 mars 1916 qui, après avoir défini ce qui est l'aléa du contrat, « la variation des matières premières à raison des circonstances économiques », puis ce qui est l'imprévision, « l'occupation par l'ennemi de la plus grande partie des

Digitized by Google

régions de l'Europe continentale productrices de houille, etc... » déduit « que la Société est fondée à soutenir qu'elle ne peut être tenue d'assurer le service aux seules conditions prévues à l'origine », détermine ce que la Compagnie doit supporter par cette formule : « la Société doit supporter seulement la part des conséquences onéreuses de la situation de force majeure ci-dessus rappelée, que l'interprétation raisonnable du contrat permet de laisser à sa charge », et conclut qu'en l'absence de tout accord amiable, la Société a droit à une indemnité « à raison des circonstances extracontractuelles dans lesquelles elle aura dû assurer le service pendant la période envisagée ». Tout cela est la consécration d'un droit né et actuel, d'autant plus certain que la jurisprudence du Conseil d'État a toujours refusé de proclamer par avance des droits purement éventuels. Comme l'interprétation raisonnable du contrat ne peut être autre que celle que le Conseil d'État a faite dans le premier considérant de son arrêt, à savoir la limitation de l'aléa contractuel aux variations à raison des circonstances économiques, il paraît évident que l'indemnité due à la Compagnie gazière doit avoir pour mesure la charge qui dépasse la limite extrême des variations d'ordre économique possibles. Aucun doute ne peut subsister pour qui lit l'arrêt du 30 mars 1916 à la lumière des conclusions de M. le Commissaire du gouvernement, Chardenet. « La puissance publique, dit-il, exigera du concessionnaire l'exécution du service, à laquelle il est tenu par son contrat ; mais la puissance publique aura à tenir compte au concessionnaire, soit en lui allouant des indemnités, soit en restreignant certaines des obligations dont il est tenu, soit par tout autre arrangement elle aura à lui tenir *compte de l'excédent de charges dépassant le maximum des difficultés ou le maximum de l'amplitude des variations économiques, dont la prévision était possible* au moment où l'on avait contracté. La puissance est tenue de le faire, puisqu'au delà *du maximum des difficultés qu'on pouvait prévoir, le concessionnaire ne serait pas obligé d'assurer le service en vertu de son contrat à raison des événements qui se sont produits. On est en dehors du contrat. Le concessionnaire ne peut être tenu de faire face à des sujétions extracontractuelles que si la puissance publique lui donne le moyen d'y faire face, si elle supporte les dépenses au delà des limites que nous venons d'indiquer et qui sont celles résultant d'une saine interprétation du contrat.* »

« ... En résumé, Messieurs, les principes sont pour nous les suivants : « On se trouve en présence de charges dues à des événements que les parties contractantes ne pouvaient prévoir et qui sont telles que temporairement, momentanément, tant que dureront les événements ayant déterminé ces charges nouvelles, le contrat ne peut plus être exécuté dans les conditions où il est intervenu. Le service public n'en doit pas moins être assuré, l'intérêt général l'exige et le contrat doit subsister. La puissance publique, le concédant, *aura à supporter les charges qu'exige le fonctionnement du service public et qui excèdent le maximum de ce que l'on pouvait admettre comme prévision possible et raisonnable par une saine interprétation du contrat.* »

Cette application simple, juridique, logique et de plus équitable de l'arrêt du 30 mars 1916, on s'est étudié à tous les degrés de la hiérarchie administrative, à la battre en brèche. La suggestion est venue de haut. Le 19 août 1916, au moment où M. le ministre de la Guerre, se ralliant nettement à la solution donnée par le Conseil d'État, prescrivait aux intendants militaires de s'y conformer, M. le ministre de l'Intérieur envoyait aux préfets une circulaire pour en paralyser l'effet. Feignant d'ignorer que les contrats de concession de services publics sont très différents des entreprises commerciales et industrielles proprement dites, comme il l'écrivait en 1904 (lettre au préfet de la Gironde, *Revue des concessions*, 1904, 189), M. le ministre de l'Intérieur s'étonne d'une jurisprudence qui n'applique pas à ces contrats les règles que la Cour de cassation applique aux contrats privés, espérant diminuer par ce rapprochement l'autorité de l'arrêt du Conseil d'État. Quoi qu'il en soit, il conseille de s'y soumettre, mais en atténuant la portée. « Si on est obligé de s'y soumettre, il n'est cependant pas interdit de penser que le droit du concessionnaire à une indemnité doit être subordonné à certaines considérations telles que celles du prix auquel il a payé ou paie réellement le charbon, s'il a bénéficié ou bénéficie encore de marchés avantageux conclus avant les événements, des avantages qu'il retire de la vente des sous-produits dont les prix ont certainement suivi une hausse parallèle, de la situation financière actuelle de l'entreprise, des gains qu'elle a pu réaliser dans le passé et surtout de ceux qu'elle pourra encore réaliser dans l'avenir, d'après le temps restant à courir de la concession. Il est certain, en effet, que dans les contrats de ce genre, dont il ne faut pas perdre de vue le caractère aléatoire et dont les opérations se déroulent dans le temps, ce n'est qu'à la fin de la concession qu'il sera possible de calculer exactement les conséquences de l'imprévision, en les comparant avec les bénéfices ultérieurs qui pourront les avoir plus ou moins longuement ou suffisamment compensés. »

Tout ce qui concerne les prix auxquels le concessionnaire aura payé le charbon en vertu de marchés avantageux antérieurs à la hausse, ou la plus-value des sous-produits est sans intérêt, car le droit du concessionnaire ne naît de la hausse du charbon qu'autant qu'il la subit, et les Compagnies gazières ont toujours reconnu qu'il y avait lieu de faire état, pour calculer l'indemnité à elles due, des plus-values des sous-produits qui viennent atténuer dans une certaine mesure la majoration considérable de leur prix de fabrication. Les seuls passages de la circulaire du 19 août qu'il y ait à retenir sont ceux qui invitent les municipalités à faire état de la « situation financière actuelle de l'entreprise, des gains qu'elle a pu réaliser dans le passé et surtout ceux qu'elle pourra encore réaliser dans l'avenir, d'après le temps restant à courir de la concession et prétendant subordonner le droit du concessionnaire au résultat de la balance à faire en fin de concession des recettes et des dépenses de l'exploitation. »

Digitized by Google

Ces suggestions qui inspirent à l'heure actuelle toutes les défenses produites par les villes ont été écoutées par six ou sept Conseils de préfecture, qui les ont suivies soit totalement, soit partiellement. Tous ont décidé que le droit du concessionnaire ne commençait qu'autant que les événements actuels plaçaient l'exploitation de l'entreprise en déficit, mais quand il a fallu faire état des bénéfices réalisés dans le passé et des gains à réaliser dans l'avenir, l'accord a cessé : les uns ont admis que la perte actuelle devait d'abord être compensée par les bénéfices passés et les bénéfices à venir, d'autres que, s'il fallait tenir compte des bénéfices de l'avenir, il ne fallait faire état dans le passé que des réserves disponibles, d'autres enfin, plus timides, n'ont pas compris comment on pourrait faire état des bénéfices à venir et se sont bornés à prendre en considération les bénéfices passés ou seulement les réserves disponibles. A tous ces Conseils on pourrait objecter qu'en fait leur décision n'apporte pas à la Société gazière les ressources immédiates qui sont nécessaires pour assurer le fonctionnement du service public. Mais ce n'est là qu'un des moindres défauts de ces décisions qui heurtent à la fois le droit et la logique.

. Et d'abord est-il exact que le droit du concessionnaire ne peut s'ouvrir que s'il justifie que son entreprise est en perte ? Juridiquement on ne voit pas comment l'idée de perte peut être ici introduite. La nature du contrat « contrat de prévision », la théorie de l'imprévision, veulent que le droit naisse *dès que la prévision est dépassée et l'imprévision survenue*. Peu importe que l'imprévision entraîne ou non des pertes, qu'elle survienne après ou avant la réalisation des pertes ; elle entraîne *des charges que le concessionnaire n'est pas tenu de supporter*, cela suffit. La jurisprudence est constante en matière de travaux publics ou de marchés de fournitures. Lorsque l'entrepreneur subit des sujétions exceptionnelles dans l'exécution de déblais ou de remblais, la rémunération supplémentaire, correspondante à la dépense occasionnée par ces sujétions, lui est due sans qu'il y ait à rechercher si le prix porté au bordereau le laisse en bénéfice ou en perte, ni même si les autres ouvrages et l'ensemble de son entreprise le laissent en bénéfice ou en gain. Aussi les décisions qui admettent la nécessité d'un déficit d'exploitation comme condition du droit à indemnité procèdent-elles la plupart du temps, comme la circulaire du 19 août 1916, par affirmation sans aucune justification juridique. Le Conseil de préfecture de la Seine, cependant, dans son arrêté du 21 novembre 1916, a compris qu'il était impossible de raisonner ainsi par prétérition, et il a tenté de donner une base juridique à sa décision, tirée de ce que « les parties ont eu à envisager normalement l'éventualité de pertes comme celle de bénéfices pour le concessionnaire, que ce dernier en ne stipulant aucune garantie contre les risques qu'il courait a consenti à supporter les aléas défavorables de son marché, de même qu'il entendait profiter des aléas favorables ; qu'ainsi en définitive, la Société ne doit être admise à soutenir, en invoquant la bonne foi et l'intention commune des parties, que l'équilibre de son contrat est rompu que si la majoration imprévue des prix de la houille lui fait subir des pertes excédant de façon notable et prolongée celles qu'elle avait dû escompter. »

Ce raisonnement méconnaît de la façon la plus nette le mécanisme de l'opération de concession. Il ne faut pas oublier que la concession qui charge une société d'exécuter un travail public et d'assurer un service public, ne lui paie le prix du travail que par la délégation du droit de percevoir, pendant un certain nombre d'années, une redevance pour les usagers. Le produit de la redevance est destiné à rémunérer et à amortir par annuités le capital qu'un entrepreneur recevrait immédiatement du maître de l'ouvrage. Dire qu'un concessionnaire a dû envisager normalement l'éventualité de pertes, qu'il a dû penser que certaines années de rémunération ou d'amortissement du capital feraient défaut, c'est dire qu'un entrepreneur a dû penser, en soumissionnant des travaux, qu'il ne serait pas payé. C'est d'autant plus difficile qu'un service public ne peut pas être conçu sur des prévisions de pertes. Les travaux préparatoires des grands services d'éclairage concédés, Lyon, Marseille, Toulon, Bordeaux, montrent nettement que les villes elles-mêmes ont prévu comme l'un des éléments du prix de revient à couvrir par le prix de vente du gaz l'intérêt et l'amortissement du capital nécessaire. Et de leur côté, les régies municipales, qui ont dû faire appel à l'emprunt pour remplacer les capitaux des concessionnaires, n'ont pas manqué de prévoir l'intérêt et l'amortissement de ces emprunts.

Les cahiers types de concession de distribution d'électricité ou de chemins de fer montrent d'ailleurs par leurs dispositions relatives à la reprise des installations en fin de concession, ou au rachat que le contrat de concession est établi sur la perspective d'un bénéfice normal et régulier et les arrêts du Conseil d'État précités des 3 avril 1908, 21 juillet 1911, 2 mai 1912, 7 février 1913 proclament qu'il doit être combiné de façon que le service soit *régulièrement assuré* et *normalement rémunéré*. Bien loin que les parties aient prévu des pertes, elles ont présumé des bénéfices. Et, si, au moment de l'organisation du service, elles avaient pu entrevoir la possibilité de pertes, elles n'eussent pas manqué de calculer les prix pour les éviter. Là n'est pas toutefois le vice capital du raisonnement.

L'erreur du Conseil de préfecture de la Seine est de faire porter les prévisions des parties au moment du contrat et de faire reposer l'équilibre du contrat sur les pertes ou les bénéfices dont elles ont pu envisager la réalisation. L'imprévision doit s'apprécier par rapport aux événements sur lesquels les parties ont dû faire porter leur examen au moment de la passation du contrat dont elles ont pu faire état, qui ont été la base de leurs calculs, en vue desquels elles ont inscrit à l'avoir de l'une ou de l'autre tel ou tel avantage, tous événements étrangers aux deux parties, mais qui étant la prévision commune ont dû être envisagés de la même manière par elles lors du contrat, et dont elles ont dû, toutes les deux, tenir même compte. Elle ne peut pas

Digitized by Google

s'apprécier par rapport aux résultats que pourra produire, dans le temps, l'exécution du contrat, parce que ces résultats ne sont pas l'objet des prévisions communes des parties. Il est même certain que les prévisions à cet égard ne sont jamais les mêmes de la part de la ville concédante et du concessionnaire, chacune des parties ayant sa façon personnelle d'envisager l'exploitation. L'équilibre du contrat repose sur les droits concédés et les obligations imposées et non pas sur le rendement en francs et centimes que le concessionnaire en retirera.

Les résultats bénéficiaires ou déficitaires d'une exploitation gazière dépendent en partie des prix que le concessionnaire aura eu la prudence d'exiger ou l'imprudence d'accepter. Le concessionnaire qui aura accepté le prix de 16 centimes le mètre cube sera vraisemblablement en perte à un prix de charbon qui pourra laisser un concessionnaire à 20 ou 23 centimes le mètre cube en gain. Dire que le droit du concessionnaire naît quand il subit une perte et seulement à ce moment, c'est tenir compte des prix du marché au détriment ou à l'avantage des communes, suivant les cas, restituer le concessionnaire ou la commune contre les prix faibles ou les prix élevés qui sont la convention et, par conséquent, modifier le contrat en violation de l'article 1 134 du Code civil. D'autre part et pour la plus grande partie, les résultats d'une exploitation gazière dépendent de circonstances *postérieures au contrat* et auxquelles la ville est étrangère. Ils tiennent à l'état et au perfectionnement de l'usine; suivant leur importance et l'outillage dont il est possible de les doter, les usines à gaz produisent une quantité de gaz variant de 300 à 200 m³ et même moins à la tonne de houille distillée. Suivant la nature du sol, leur longueur et leur entretien, les canalisations présentent 8, 10, 15 ou 25 pour 100 de fuites. En sorte que, finalement, les quantités de gaz vendu par tonne de houille distillée varient de 280 à 170 m³. De plus, suivant leur importance et les débouchés locaux, les usines à gaz vendent des quantités de cokes variables, 500 kg ou seulement 300 kg à la tonne de houille distillée; quelques-unes même, les petites, n'en vendent pas. En dehors de tous ces facteurs, il faut encore tenir compte de la prudence du concessionnaire dans ses marchés de toutes sortes, et notamment avec ses gros consommateurs, de son activité et des capitaux dont il dispose pour développer les locations d'installations ou d'appareils qui constituent le moyen pratique de vulgarisation du gaz, de l'importance de ses frais généraux, etc... A ces divers points de vue, la situation des usines rattachées à des sociétés exploitant un grand nombre de concessions sera toujours plus favorable que celle des usines isolées.

Si l'on prend deux usines dans le même département, le même arrondissement, dans des villes de même population, avec le même prix de charbon l'une pourra subir un déficit d'exploitation quand l'autre n'en subira pas. Dira-t-on que le droit de l'une est ouvert parce qu'elle perd et le droit de l'autre ne l'est pas parce qu'elle ne perd pas, alors que cependant au point de vue de *leurs obligations contractuelles et des circonstances extra-contractuelles*, elles sont toutes deux dans des situations identiques. C'est inadmissible et, pourtant, c'est la conséquence à laquelle aboutissent fatalement les Conseils de préfecture qui subordonnent le droit du concessionnaire et l'obligation de la ville à l'existence d'un déficit d'exploitation. C'est d'ailleurs accorder une prime à l'imprudence du concessionnaire ou à sa mauvaise exploitation que de subordonner le droit à indemnité à l'existence de pertes.

Pour remédier à ce vice, il faudrait établir le type d'une exploitation pour chaque usine. Qui l'oserait ? Ce ne serait plus une mission d'expert, mais de théoricien ; il faudrait faire état d'une usine idéale, d'une canalisation idéale, d'une exploitation idéale, de capitaux qui ne sont pas employés, et le moindre défaut d'un pareil travail serait de n'avoir rien de commun avec les faits et les contrats.

Il faut, au surplus, observer que ce système manque singulièrement de clarté. Que faudra-t-il entendre par déficit d'exploitation ou pertes ? Que portera-t-on au passif ? Les charges du capital-obligations, amortissement et intérêt ? Certainement. Y portera-t-on aussi les charges du capital-actions ? Pourquoi pas ? Est-ce que l'on peut sérieusement prétendre que le concessionnaire a prévu au moment de la passation du contrat qu'il pourrait ne pas rémunérer et amortir son capital. S'il avait prévu que le produit des redevances ne paierait pas l'intérêt et l'amortissement du capital que ces redevances sont destinées à payer, il n'aurait pas traité. Et pourquoi les sociétés qui travaillent avec un gros capital-obligations et un petit capital-actions auraient-elles plus de droit que celles qui ont un gros capital-actions sans obligations ? Pourquoi les communes auraient-elles plus d'obligations à leur égard, suivant le mode de constitution du capital qui est tout à fait étranger au contrat? Les Conseils de préfecture sont ici en plein dans l'arbitraire.

Ils tombent dans l'illogisme lorsqu'ils parlent de compenser les pertes ou les surcharges avec les bénéfices passés ou les réserves disponibles. Tous ceux qui ont admis le principe de la compensation reconnaissent que l'on se trouve en dehors des conditions du contrat, dans des conditions extracontractuelles, en présence d'une imprévision, et cependant ils n'hésitent pas à dire que les dépenses supplémentaires qui en résultent, et qui ne sont pas contractuelles, peuvent trouver leur contre-partie ou leur rémunération dans les bénéfices passés ou les réserves disponibles. Ils oublient que les bénéfices réalisés dans le passé et les réserves disponibles sont et ne peuvent être que le produit de l'exécution du contrat de concession dans les limites contractuelles et qu'il est inconcevable et contradictoire de dire qu'une sujétion extracontractuelle peut trouver sa compensation dans un gain contractuel. Si la surcharge ou la perte peut trouver sa contre-partie dans un bénéfice contractuel, c'est qu'elle est elle-même contractuelle, qu'elle rentre dans les prévisions des parties, dans les charges qu'elles ont voulu rémunérer par les avantages

Digitized by Google

du contrat. Si elle n'y rentre pas, il faut, pour la rémunérer, chercher une contre-partie en dehors du contrat.

Et qui ne voit que la compensation des surcharges avec les bénéfices passés est pratiquement inopérante, puisque les bénéfices sont pour la plus grande partie distribués ou employés, et que, restreinte aux réserves disponibles, elle constitue une pénalité à la gestion prudente des sociétés qui ont limité les distributions à leurs actionnaires. Comment, d'ailleurs, calculera-t-on les bénéfices passés ou les réserves disponibles? Pour la partie des bénéfices distribués, soit! mais pour celle qui ne l'a pas été, qui a été mise en réserve. Elle est inscrite au bilan, pour un chiffre; ce n'est qu'une écriture. Quelle est, en fait, la valeur de cette réserve? Cela dépend de la réalisation de l'actif. Les experts auront-ils pour mission de vérifier par l'examen et le redressement des divers postes du bilan, la réalité de l'existence des réserves?

Peu de Conseils de préfecture ont été jusqu'à admettre la compensation des pertes ou des charges avec les bénéfices susceptibles d'être réalisés dans l'avenir. Le Conseil de préfecture de la Seine est tombé, cependant, dans cette grave erreur, estimant, sans doute, comme M. le ministre de l'Intérieur, que dans des contrats dont les opérations se déroulent dans les temps, ce n'est qu'à la fin de la concession qu'il sera possible de calculer exactement les conséquences de l'imprévision en la comparant avec les bénéfices ultérieurs qui pourront les avoir plus largement ou suffisamment compensés. Il aurait bien dû dire par quel mystère une imprévision, des charges extracontractuelles, pouvaient avec le temps rentrer dans les obligations prévues au contrat et se trouver compensées en tout ou en partie par les bénéfices contractuels. Et s'il avait pu expliquer cette opération, qu'il est bien impossible de comprendre, il aurait dû, pour être logique, ajourner à la fin de la concession la solution du litige. Pour avoir voulu statuer dès maintenant sur ce litige dans les termes dans lesquels il le posait, le Conseil a dû admettre une solution qui tient de la fantaisie et donner à des experts mission de rechercher les avantages à retirer de la concession jusqu'en 1935 en tenant compte du développement économique que la paix pourra apporter dans la banlieue parisienne! Quelle sera l'importance de ce développement économique, quel profit en retirera le gaz, quels seront les prix du charbon, des matières premières, de la main-d'œuvre, des sous-produits jusqu'en 1935? Quels experts pourraient établir des calculs sur de tels inconnus? Et s'ils parvenaient à un chiffre hypothétique que le Conseil ferait entrer en compensation des pertes, qui garantirait ultérieurement la réalisation de ce chiffre?

En réalité, la compensation des pertes avec les bénéfices passés ou les réserves disponibles ou les gains futurs est absolument condamnée par la décision du 30 mars 1916. Nulle part, le Conseil d'État n'a subordonné le droit de la Compagnie du gaz de Bordeaux à la justification de pertes soit immédiates, soit après application de ses réserves ou des bénéfices à venir. Il n'y a pas, dans toutes les conclusions de M. Chardenet, une seule mention de l'idée de perte, ni une seule allusion à cette cause d'indemnité. Le principe appliqué est celui-ci : « Vous avez rémunéré l'entrepreneur (de travaux publics) du montant des charges extracontractuelles qu'il n'avait pas à supporter, en principe ». Charges extracontractuelles, ce n'est pas pertes. Le Conseil d'État a donc reconnu à la Compagnie du gaz un droit *actuel* par le seul fait de l'existence de l'imprévision provenant d'une hausse du prix des charbons qui dépasse certainement l'extrême limite des prévisions possibles. Il a voulu que cette imprévision actuelle fût rémunérée par une indemnité actuelle, sans toucher aux ressources provenues ou à provenir de l'exécution normale du contrat dans le passé ou dans l'avenir. Dans le passé, le contrat s'est exécuté dans les limites des prévisions, la Compagnie a subi les aléas contractuels, elle a réalisé des bénéfices contractuels; dans l'avenir, après la crise, *le contrat retrouvera son exécution normale*, selon l'expression de M. Chardenet, la Compagnie aura de nouveau à subir les aléas normaux et pourra encore réaliser des bénéfices par la mise en valeur des avantages contractuels qui sont la contre-partie de ces aléas. Le Conseil d'État n'a pas voulu amputer par avance le contrat de ses avantages pour laisser le service public et le concessionnaire en face des aléas seuls, sans espoir de profit jusqu'à la fin de la concession. Pendant toute sa durée, le contrat doit subsister, tel qu'il a été fait, et être exécuté dans les conditions pour lesquelles il a été fait. Considérer le contrat dans son ensemble, pour compenser les charges extracontractuelles par le produit des droits contractuels, c'est refaire le contrat, en modifier l'économie, en y introduisant, sans contre-partie, des charges qui n'y ont pas été inscrites à l'origine.

Craint-on que le concessionnaire ne tire parti de la crise pour conserver les gains auxquels il a légitimement droit? Ne voit-on pas qu'il subit, comme tous les industriels, la hausse de la main-d'œuvre et des matériaux de toutes sortes, sans répétition aucune contre la commune, et que la hausse du charbon elle-même ne lui ouvrant droit à indemnité qu'autant qu'elle excède la limite extrême des prix que son contrat l'obligeait à supporter, laisse à sa charge une dépense supplémentaire importante. Il se peut que, néanmoins, grâce à l'habileté de sa gestion, il parvienne encore à équilibrer son exploitation et peut-être même à réaliser un très modeste profit. Le cas sera très rare, et souvent même, le concessionnaire se trouvera en perte bien avant d'avoir atteint le prix du charbon qui est la limite des prévisions communes. Lorsqu'il se présentera, qui pourra s'en plaindre si le concessionnaire supporte toutes les charges qui lui incombent? La commune n'est-elle pas la première intéressée à la prospérité de son concessionnaire?

Toutes ces considérations ont fait la conviction de plus de cinq cent cinquante communes qui ont traité avec leurs concessionnaires sur les bases de l'imprévision, et de la grande majorité des Conseils de préfecture

Digitized by Google

qui ont statué jusqu'ici, Loiret, Seine-Inférieure, Marne, Gers, Charente, Corse, Loire-Inférieure, Hérault, Calvados, Eure, Seine-et-Oise, etc. Ces Conseils s'en sont tenus aux principes consacrés par l'arrêt du 30 mars 1916 et à une application stricte de la jurisprudence de l'imprévision. Les motifs de l'arrêté du Conseil de préfecture du Calvados sont particulièrement nets :

Considérant que les prévisions des parties ont été surprises par les faits, par des circonstances qui étaient imprévues lors de la passation du contrat, qu'il y a donc imprévision originaire ouvrant, pour la société, non pas *le droit à l'indemnité pour pertes subies, mais le droit — juridiquement équitable — d'obtenir une rémunération pour l'excédent des charges dépassant le maximum des difficultés tenant aux variations économiques*, pour la surcharge imprévue et imprévisible, donc hors des obligations conventionnelles...

«... Que la Société demanderesse, en vendant du gaz aux particuliers, fait une opération ayant un caractère commercial et industriel, qu'elle est de ce fait, ainsi qu'elle le reconnaît, soumise à des chances de gain ou de pertes, à des aléas de toutes sortes, que l'on ne saurait supprimer sans retrancher un des éléments essentiels de cette convention ;... qu'en dehors de la condition du prix fixé et des clauses du contrat, la Société est maîtresse de son industrie dont les bénéfices sont en grande partie proportionnels à la bonne ou mauvaise gestion ; que faire entrer actuellement la question d'une quotité de bénéfices pour évaluer une indemnité uniquement due pour une surcharge extraconventionnelle serait quitter complètement le terrain du droit administratif au profit de l'équité relative. »

Ces motifs expriment la véritable doctrine et il ne nous paraît pas douteux que le droit et la logique continueront de plus en plus à triompher des suggestions administratives.

L. DE LA TASTE,
Avocat à la Cour.

Législation, jurisprudence, réglementation

Tribunaux.

TRIBUNAL CIVIL DE LA SEINE (6e CHAMBRE). — Jugement du 18 juillet 1916 : affaire Georgi contre Lothammer.

Sommaire — Beaucoup de villes ont consenti à leurs concessionnaires de distribution de gaz — et il en est absolument de même pour l'électricité — le droit de majorer le prix de la consommation, étant données les circonstances actuelles du renchérissement du combustible; mais certains particuliers n'ont point voulu accepter une majoration, et les concessionnaires, après préavis et sommation, ont coupé le courant. C'est ce qu'a fait la Société Georgi, concessionnaire de la distribution dans la commune d'Ezanville (Seine-et-Oise) à l'égard d'un sieur Lothammer qui a prétendu que la décision du Conseil municipal ne pouvait viser que les abonnés qui signeraient une police postérieurement à cette décision : au contraire, la Société Georgi concessionnaire, s'appuyant sur les mêmes termes, déclarait que la délibération du Conseil municipal était générale, englobant les abonnés présents et futurs.

Dans ces conditions, le Tribunal civil de la Seine a déclaré que la décision du Conseil municipal était un acte administratif dont l'interprétation lui échappait.

Il a, en conséquence, conformément à une jurisprudence constante, renvoyé la partie la plus diligente à se pourvoir devant la juridiction administrative.

COUR DE CASSATION (CHAMBRE CIVILE). — Arrêt du 8 février 1916; affaire Société Westinghouse contre Société électrique du secteur de la Rive gauche.

Sommaire — La Compagnie électrique du secteur de la Rive gauche a obtenu, le 5 novembre 1890, le droit de canaliser certains points de la voirie parisienne; elle n'avait aucune garantie d'exclusivité; mais elle bénéficiait d'un monopole de fait qui lui permettait de s'opposer à ce que d'autres obtinssent de la Préfecture des permissions semblables avec des conditions plus avantageuses.

La Société Westinghouse voulut, en 1906, fournir du courant aux constructeurs Berlier et Cie pour leurs travaux du Nord-Sud ; elle ne put y arriver qu'en promettant à la Société du secteur de l'indemniser par une redevance d'un centime pour chaque kilowatt-heure fourni.

Quand les secteurs furent fondus en une seule Société l' « Union des secteurs » qui, en 1907, traita avec la ville de Paris, la Société Westinghouse refusa de continuer le versement de la redevance promise, en disant qu'elle jouissait d'une autorisation antérieure à celle de la nouvelle Société, laquelle autorisation était maintenue à l'égard de la Société nouvelle par l'article 26 de la loi du 15 juin 1906.

La Cour de Paris avait déclaré qu'en fait, malgré sa fusion avec les autres secteurs, dans l'Union générale des secteurs, la Compagnie du secteur de la Rive gauche avait conservé une personnalité suffisante pour se prévaloir des obligations contractées à son profit; et que, d'autre part, il résultait du contrat de 1916 intervenu entre la Société Westinghouse et le secteur de la Rive gauche que son effet se continuerait tant que la situation prépondérante de ce secteur existerait.

La Cour de Cassation, à la date précitée, a décidé que ces décisions de fait prononcées par la Cour et contenant l'interprétation de la volonté des parties dans le contrat intervenu, étaient souveraines et échappaient au contrôle de la Cour suprême. Elle a rejeté le pourvoi, en vertu de ce principe que la Cour de Cassation n'a point à s'immiscer dans les questions de pur fait puisque son domaine juridique est cantonné dans la question de savoir si les lois ont été violées ou appliquées.

Paul BOUGAULT,
Avocat à la Cour d'appel de Lyon.

La reconstitution industrielle des régions envahies.

Le « Journal officiel » du 3 mai 1917 publie, dans les documents parlementaires de la Chambre, annexe n° 3182, p. 370, séance du 27 mars 1917, un projet de loi portant

Digitized by Google

ouverture au ministre du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes de crédits additionnels aux crédits provisoires de l'exercice 1917, pour procéder à des opérations d'achat et de cession en vue de la reconstitution industrielle des régions envahies, présenté au nom de M. Raymond Poincaré, président de la République française, par M. Clémentel, ministre du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes, par M. Léon Bourgeois, ministre du Travail et de la Prévoyance sociale, et par M. Joseph Thierry, ministre des Finances. Ce projet a été envoyé à la Commission du budget. Nous en donnerons un rapide aperçu.

Il est d'un intérêt primordial pour le relèvement économique du pays après la guerre que la région du Nord, la plus industrielle de la France, soit remise le plus rapidement possible en état de produire au moins autant qu'avant les hostilités. Il est certain que, malgré sa rage de destruction, l'ennemi ne pourra tout anéantir dans les régions envahies, et il est de nombreuses usines où ses déprédations se seront limitées à l'enlèvement des matières premières, de l'outillage courant et des produits d'entretien. En conséquence, il a paru nécessaire au gouvernement de préparer dès maintenant un stock de matières premières, d'outillage et de produits d'entretien permettant la remise en marche rapide de ces usines. Un premier projet avait été déposé et avait soulevé de nombreuses critiques, le gouvernement a retiré ce premier projet et déposé un deuxième qui fixe à 250 millions le montant des crédits d'engagement à ouvrir dès à présent au ministre du Commerce, dont 100 millions seraient inscrits au budget pour l'exercice 1917.

D'autres crédits seront demandés pour l'œuvre de reconstitution incombant aux divers départements ministériels. Cependant, pour éviter toute concurrence fâcheuse et assurer les meilleures garanties de compétence, tous les achats de même nature seront confiés au ministre du Commerce. Un organe d'exécution dénommé « Office industriel de reconstitution des régions envahies » serait créé afin de recueillir les renseignements, d'apprécier les besoins, réaliser les achats, etc. Cet organe serait composé de représentants des Chambres de commerce appartenant pour moitié aux régions envahies et pour moitié aux régions non envahies, et de représentants des divers départements ministériels.

Le projet prévoit que le ministre pourra avoir recours à des Sociétés agissant comme mandataires pour le compte de l'État, pour la réalisation d'achats, la cession et la distribution des marchandises achetées. Les programmes des achats confiés à ces Sociétés seront élaborés par l'office, et les réglementations qu'elles édicteront seront soumises à l'approbation du ministre du Commerce. Toutes les opérations effectuées par ces Sociétés seront soumises à l'approbation du ministre du Commerce, et leur situation financière vérifiée par l'inspection générale des finances.

La rémunération des Sociétés mandataires consistera dans le payement par l'État d'une Commission destinée à faire face aux frais généraux d'administration relatifs aux opérations effectuées pour son compte et à la rémunération à concurrence d'un intérêt annuel maximum de 5 pour 100 sur les sommes réellement versées du capital jugé nécessaire pour rendre effective la responsabilité de la Société et assurer son fonctionnement dans la limite de son mandat. Tout autre bénéfice sera interdit aux Sociétés mandataires.

Les actes ayant exclusivement pour objet les opérations prévues par le projet seront dispensés des droits de timbre et d'enregistrement.

Enfin, on prévoit l'institution d'un compte spécial, où seraient constatées les opérations effectuées en conformité du projet de loi.

Projet de loi concernant l'inspection de l'enseignement technique.

Le « Journal officiel » du 29 avril 1917 publie, dans les documents parlementaires de la Chambre, séance du 6 mars 1917, annexe n° 3095, p. 333, un projet de loi portant modification de l'article 46 de la loi de finances du 31 décembre 1907, relatif à l'inspection de l'enseignement technique, présenté au nom de M. Raymond Poincaré, président de la République française, par M. Clémentel, ministre du Commerce, de l'Industrie, de l'Agriculture, du Travail, des Postes et des Télégraphes. Ce projet a été renvoyé à la Commission du commerce et de l'industrie.

Voici sommairement l'exposé des motifs.

La guerre a causé de graves perturbations dans les écoles pratiques de commerce et de l'industrie qui, sauf celles des régions envahies, fonctionnent toutes. Pour faire face aux événements, il a fallu remplacer les professeurs mobilisés par un personnel dont le dévouement ne fait aucun doute mais dont l'expérience n'est pas très sûre. Plusieurs de ces écoles ont assumé la charge de la rééducation professionnelle des mutilés de la guerre. Il convient donc, étant donné le rôle que ces écoles auront à jouer après la guerre, de surveiller leur enseignement, de les soutenir et de les encourager, de veiller à la coordination des efforts.

L'administration de l'enseignement technique a, de plus, sur la demande de l'Office national des mutilés et réformés de la guerre, assumé la tâche de surveiller les méthodes d'apprentissage et la distribution de l'enseignement pratique dans tous les centres de rééducation professionnelle subventionnés par l'État. On a arrêté un plan d'action qui ne nécessite aucune augmentation de crédit. Le projet n'a qu'un but unique qui est de permettre au ministre de prendre les mesures nécessitées par les exigences du service par une refonte des cadres de celui-ci.

Voici le texte du projet :

Article unique. — Les dispositions des trois premiers paragraphes de l'article 46 de la loi de finances du 31 décembre 1907 sont ainsi modifiées :

« Les cadres du service de l'inspection de l'enseignement technique au ministère du Commerce, de l'Agriculture, du Travail, des Postes et des Télégraphes, sont fixés par décret. »

Décret autorisant l'établissement d'une usine électrique à Beaumont-Monteux.

Le « Journal officiel » du 1er mai 1917 publie un décret pris le 28 avril 1917 par le ministre des Travaux publics, qui autorise l'établissement, par la société « Energie électrique de la basse Isère », d'une usine hydro-électrique d'un débit maximum de 270 m³, à prendre dans l'Isère, en face de Châteauneuf-d'Isère. Voici le texte de ce projet :

ARTICLE PREMIER. — Est déclarée urgente la prise de possession, au profit de la société « Energie électrique de la basse Isère », des terrains non bâtis formant le n° 67 du plan parcellaire de la commune de Beaumont-Monteux.

ART. 2. — Le ministre des Travaux publics et des Transports est chargé de l'exécution du présent décret, qui sera publié au *Journal officiel* et inséré au *Bulletin des lois* de la République française.

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

1re Année. — Tome I. — N° 22. — 2 Juin 1917.

Chronique. — Nécrologie : Henri Bazin. — A propos de l'enseignement du français aux élèves ingénieurs. — L'organisation de la normalisation électrique en France. — Cours et Conférences de l'Institut électrotechnique de Grenoble pendant l'année scolaire 1917-1918, p. 841, 842, 843 et 844.

Section scientifique et technique. — Sur l'essai diélectrique de machines, par A. Hansson, p. 845 ; Les lampes à incandescence, par A. Boutaric, p. 848. — Revues, analyses et informations : La résistance à la traction en courbes d'une voiture électrique de 28 t, p. 853 ; Sur la détermination des constantes des formules linéaires, p. 856.

Section industrielle. — Sur l'utilisation rationnelle des chutes d'eau pour la création d'usines hydro-électriques, par D. Eydoux, p. 857. — Prix de revient comparés du labourage mécanique, par Ach. Delamarre, p. 860. — Les locomotives électriques du Chicago, Milwaukee and Saint-Paul Railway, p. 863 ; — Revues, analyses et informations : La revision des prescriptions fédérales suisses concernant la construction des lignes électriques, p. 869 ; Le client d'une station centrale a-t-il « toujours raison ? » p. 874.

Section économique et financière. — Assemblées générales : Energie électrique du Sud-Ouest, p. 875 ; Syndicat professionnel de l'industrie du Gaz, p. 875 ; Société générale de forces motrices et d'éclairage de la ville de Grenoble, p. 876.

Section de législation. — L'abonné d'un secteur doit-il consommer au moins un minimum et l'énergie consommée par une lanterne cinématographique doit-elle être considérée comme de la lumière ou de la force motrice, p. 877. — Législation, jurisprudence, réglementation : La mise en exploitation des tourbières, p. 830 — Arrêté modifiant et complétant l'arrêté du 13 avril 1917 sur les prohibitions de sortie, p. 880 ; Arrêté instituant une Commission extra-parlementaire dite Commission de la tourbe, p. 880.

Nécrologie : Henri Bazin. — Les électriciens qui s'intéressent aux questions d'Hydraulique, si intimement liées à la réalisation des entreprises hydro-électriques, ont appris avec tristesse la mort, survenue le 17 février 1917, du grand hydraulicien Henri Bazin, membre de l'Académie des sciences.

La renommée de Bazin, qui s'étendait dans le monde entier malgré son extrême modestie, est la juste récompense du rôle de pionnier qu'il a joué pendant de longues années dans l'établissement des lois fondamentales de l'hydraulique et de la haute valeur scientifique des travaux expérimentaux qui l'ont conduit à des formules simples et pratiques employées actuellement par tous les ingénieurs.

Né à Nancy en 1829, Bazin fut reçu à l'Ecole Polytechnique à 17 ans ; à sa sortie de l'Ecole des Ponts et Chaussées, il fut envoyé, comme ingénieur des Ponts et Chaussées, successivement à Saint-Flour, à Aurillac, puis à Tonnerre, où il commença à s'intéresser à la navigation. A partir de 1856, il devint, à la résidence de Dijon, l'ingénieur ordinaire, puis l'ingénieur en chef du service du canal de Bourgogne. Il débuta sous les ordres d'un ingénieur de premier ordre, trop tôt enlevé à la science, Darcy, qui l'initia à la méthode expérimentale et dont il prit bientôt la succession avec la maîtrise que l'on sait.

Il fut également l'associé et le continuateur de Darcy dans les travaux remarquables d'adduction et de distribution des eaux des sources de Sainte-Foy à Dijon, et cette ville lui a conservé sa reconnaissance. Au cours de sa carrière, il eut à faire d'autres travaux importants,

Henri Bazin, 1829-1917.

qu'il a décrits dans divers mémoires, pour l'agrandissement du réservoir de Panthier, la transformation des

Digitized by Google

écluses du canal de Bourgogne, l'organisation du service de touage à vapeur au souterrain de Pouilly ; l'entretien et l'exploitation du canal ne cessèrent pendant 30 ans d'être sa préoccupation dominante et il y apportait à la fois toutes les qualités de l'ingénieur, une inlassable puissance de travail et une haute conscience professionnelle. De 1886 à 1900, il résida à Paris comme inspecteur général, tout en continuant ses recherches sur l'hydraulique.

Il était particulièrement préparé à la recherche scientifique par un esprit remarquable d'analyse et par une connaissance approfondie des mathématiques, qui lui avait permis, pendant la première année de sa carrière, de publier des travaux sur les déterminants, les formes quadratiques et enfin une adaptation du traité d'algèbre supérieure de Salmon.

En 1866, il publiait, avec l'approbation flatteuse de l'Académie des Sciences, un important travail, commencé avec Darcy, sur l'écoulement de l'eau dans les canaux découverts; partant de la formule établie par Darcy $RI = \left(\alpha + \frac{b}{R}\right) U^2$, il déterminait les coefficients à introduire dans cette formule; en classant les canaux en quatre catégories, il arrivait à évaluer l'influence de la rugosité des parois et à déterminer les conditions nécessaires à la production du ressaut de gonflement.

En 1863, l'Académie des Sciences accueillait un second mémoire non moins important sur la propagation des remous et des ondes. Partant de la loi de Scott Russel sur les ondes isolées, Bazin expliquait, à l'aide d'expériences et de remarques sagaces, les phénomènes encore obscurs de la propagation des remous, notamment du remous indéfini produit dans un courant par l'afflux vers sa partie aval des eaux d'un autre courant; il arrivait ainsi à expliquer les phénomènes de la propagation de la marée dans un fleuve à marée et les conditions de production du mascaret.

D'autres études publiées en 1871, 1875, 1884 dans les « Annales des Ponts et Chaussées » eurent pour but de faire la critique des formules proposées par des ingénieurs étrangers, pour le débit des canaux découverts, d'en relever les erreurs, d'analyser la distribution de vitesse dans un courant et en particulier dans les grands cours d'eau, et de montrer combien ces expériences exigent de précautions; en 1887, il exposait dans les « Annales des Ponts et Chaussées » la mesure des vitesses à l'aide d'un tube jaugeur.

C'est entre 1889 et 1896 que, dans toute une série de remarquables mémoires publiés aux « Annales des Ponts et Chaussées », il élucida d'une manière complète la question si complexe et si difficile de l'écoulement en déversoirs, soit en mince paroi, soit à seuil épais, soit noyé. Ayant assisté à quelques-unes de ces expériences effectuées dans la rigole d'essai qu'il avait fait établir près de Dijon, j'ai conservé la plus vive admiration pour la sagacité et l'admirable patience avec laquelle il a su débrouiller cette question complexe. Ce n'est pas en vain qu'un de nos plus grands écrivains a défini le génie comme une longue patience, Bazin possédait ce génie.

Les expériences qu'il publia ensuite sur la contraction des veines liquides et la distribution de vitesse dans leur intérieur, ainsi que sur la distribution de vitesse dans les tuyaux, en 1896, montrèrent toute la souplesse de son esprit et achevèrent d'établir sa réputation.

Je me bornerai à signaler, à titre d'exemple des faits inattendus découverts par M. Bazin, ce phénomène curieux que, dans les canaux à ciel ouvert, la vitesse maximum du courant se présente fort souvent au-dessous de la surface de l'eau. M. Bazin a trouvé la cause de ce fait paradoxal dans la libre émergence des tourbillons venus des parois latérales ou des inégalités du fond et a pu, dans les cas simples, en établir les lois par le calcul.

On doit vivement regretter que sa retraite prématurée à soixante-cinq ans en 1900 ait imposé brutalement une fin à son admirable série des travaux expérimentaux; à ce moment la France n'a pas su utiliser en lui donnant les moyens matériels dont il avait besoin, l'expérimentateur et l'analyste de premier ordre qu'elle possédait; c'est un exemple de la mauvaise organisation de nos recherches scientifiques. C'est seulement après vingt-cinq ans que son ancien élève M. Hégly a pu reprendre la suite de ses travaux sur les déversoirs!

Retiré à la campagne à Chenove, près Dijon, Bazin s'adonna depuis lors, au milieu de sa nombreuse famille, à des études d'un autre ordre et notamment à la linguistique, pour laquelle il avait toujours eu un vif attrait, ne cessant d'encourager d'ailleurs et de conseiller ceux qui avaient été ses disciples.

Deux fois lauréat de l'Institut (prix Dalmont, 1867; prix Montyon de mécanique 1888), correspondant de l'Institut des Sciences, Lettres et Arts de Venise en 1889, associé de l'Académie royale des Lincei en 1890, il a été élu correspondant de l'Académie des Sciences de Paris pour la section de mécanique en 1900 puis membre non résident en 1913; il devenait président d'honneur du Comité technique de la Société hydrotechnique de France la même année.

Le Président de l'Académie des Sciences lui a rendu le 19 février 1917, un juste hommage en rappelant que ses méthodes sont aujourd'hui connues et pratiquées dans le monde entier, et ont eu ainsi des conséquences pratiques de la plus haute importance : « l'Académie, a dit M. d'Arsonval, a perdu en M. Bazin un de ses membres les plus éminents et qui avait fait le plus pour la bonne renommée de la science française. »

On me permettra d'ajouter à ce témoignage si autorisé un pieux hommage de reconnaissance personnelle: admis dès mon enfance, il y a quarante-cinq ans, dans l'intimité familiale de cet admirable ingénieur, j'ai appris de ses affectueux enseignements et conseils le goût de l'expérimentation et la vocation de l'ingénieur, en même temps que le respect de la conscience scientifique. Je peux, en connaissance de cause, dire qu'il était en même temps qu'un rare modèle de savant aussi

Digitized by Google

simple que modeste, un fonctionnaire compétent et consciencieux, un père de famille admirable, un homme de la plus grande bonté, un citoyen profondément dévoué au bien public et à sa patrie. Il a eu une belle vieillesse, attristée seulement par la mort prématurée d'une compagne digne de lui, et par le regret de n'avoir pu terminer certains de ses travaux. Sa mort a été pleine d'une admirable sérénité inspirée par les sentiments religieux qui avaient dirigé sa vie. A. BLONDEL.

A propos de l'enseignement du français aux élèves ingénieurs. — Dans ces dernières années, des chefs d'industrie ont exprimé publiquement le regret de ne plus trouver que très difficilement de jeunes ingénieurs capables de rédiger correctement en français un rapport technique ; quelques-uns d'entre eux, et non des moindres, ont attribué cette « crise du français » aux réformes introduites dans l'enseignement secondaire en 1902, en vue d'y donner une place plus importante à l'étude des sciences, et concluaient qu'il était indispensable de modifier au plus tôt les programmes de 1902 et de revenir à ceux appliqués trente ans auparavant, où les études littéraires formaient la base de l'enseignement secondaire.

Sans méconnaître cette « crise du français », que nous avons eu maintes fois l'occasion de constater comme professeur et comme directeur de revue technique, il nous a toujours paru que l'on se trompait en en attribuant la cause à l'extension donnée aux études scientifiques dans l'enseignement secondaire ; d'abord, parce l'application des programmes de 1902 n'a guère pu avoir d'influence que sur l'instruction des jeunes gens entrés dans l'industrie au plus tôt en 1912 et que les plaintes des chefs d'industrie sont antérieures à 1913 ; ensuite, parce que nous sommes convaincus que l'étude intensive des sciences, dans les cours d'enseignement secondaire n'est nullement incompatible avec une connaissance approfondie de la langue française. Il nous semble, en effet, que la faiblesse en français des jeunes gens sortant des cycles scientifiques de l'enseignement secondaire actuel est principalement due à ce que les sujets qui leur sont donnés comme exercices de dissertation sont toujours d'ordre littéraire ou philosophique et n'intéressent pas les élèves qui, par leur tournure d'esprit et par leurs études, sont surtout entraînés par les sciences. Nous estimons donc que les cloisons étanches qui séparent les divers ordres d'enseignement dans nos lycées et collèges devraient disparaître en faveur du français et que tout devoir écrit, qu'il se rapporte aux mathématiques, aux sciences physiques, aux sciences naturelles, à l'histoire, ou à la géographie, etc., devrait pouvoir contribuer à perfectionner l'élève dans l'étude et le maniement du français, au même titre que les devoirs de français proprement dits : on arriverait ainsi à avoir de jeunes ingénieurs qui, sans être des littérateurs, sauraient écrire correctement un rapport technique.

Aussi sommes-nous heureux d'apprendre, par un article de M. C.-W. Park, professeur d'anglais à l'Université de Cincinnati, article paru dans « Engineering Record » du 24 février et dont un résumé vient de tomber sous nos yeux, que cette méthode est appliquée, et avec succès, aux États-Unis, où plus encore qu'en France on reproche aux jeunes ingénieurs de ne pas savoir se servir de leur langue maternelle. D'après cet article, tous les élèves du « College of Engineering » de l'Université de Cincinnati « sont astreints à des exercices de composition qui, au lieu de traiter de *sujets indifférents sous une forme plus ou moins académique*, traitent de *sujets techniques à leur portée* » ; en outre, le sujet n'est pas nécessairement le même pour les élèves d'une même classe, chacun pouvant choisir celui qu'il connaît plus particulièrement.

Les résultats obtenus par cette méthode d'enseignement de la langue anglaise sont, suivant M. Park, des plus satisfaisants ; aussi, M. Park n'hésite-t-il pas à préconiser dans toutes les écoles « la substitution, aux exercices usuels de langue anglaise, de rédactions de mémoires enseignant en même temps aux jeunes gens la pratique de la langue et l'exposé des connaissances techniques ».

Au moment où l'on discute dans nos sociétés savantes, techniques et professionnelles les réformes qu'il conviendrait d'apporter à notre enseignement secondaire pour que les futurs ingénieurs y puisent les « larges idées générales » nécessaires à la direction des entreprises industrielles modernes, il nous a paru utile de porter à la connaissance de ceux qui s'intéressent à cette question ce qui est réalisé aux États-Unis pour faire disparaître un des inconvénients attribués à la prépondérance de l'enseignement des sciences. C'est l'unique but de cette note. — J. B.

L'organisation de la normalisation électrique en France. — A la suite de la publication, dans le numéro du 24 février de la « Revue générale de l'Électricité », du compte rendu de la dernière séance du Comité électrotechnique français, plusieurs lecteurs nous ont demandé quelles étaient les attributions respectives de ce Comité et des diverses Commissions qui actuellement s'occupent de la normalisation des appareils, machines, cahiers des charges, etc., qui relèvent du domaine de l'électricité. Nous avons répondu individuellement à ces demandes, mais d'autres se sont produites depuis ; en outre, une question du même genre était posée dans un article intitulé « Règlement national des Électriciens français » et publié dans le numéro du 25 avril de notre confrère « L'Industrie électrique ». Il nous paraît dès lors utile de préciser en quelques mots.

D'un commun accord, il a été entendu que ce serait le Comité électrotechnique français, créé il y a une dizaine d'années pour s'occuper de normalisation internationale, qui serait dorénavant chargé en dernier ressort de la « rédaction des textes d'unification » d'intérêt national. C'est dans ce but que ses statuts ont été récemment revisés et que le nombre des délégués que les divers groupements techniques ou professionnels peuvent y nommer a été légèrement modifié ; la réparti-

Digitized by Google

tion nouvelle de ces délégués entre les 11 sociétés ou syndicats contribuant à la formation du Comité a été précisément indiqué dans la R. G. E. du 24 février, p. 286.

Mais, avant d'être portées devant la Comité électrotechnique français, les questions de normalisation électrique sont d'abord étudiées par des Commissions de l'Union des Syndicats de l'Electricité.

Les dénomminations de ces Commissions désignent suffisamment leurs attributions : Commission des cahiers des charges et instructions générales pour le matériel et les installations et de standardisation du matériel (quatrième Commission) et Commission de l'appareillage (septième Commission).

La constitution de ces Commissions et l'indication de l'état de leurs travaux ont été publiées dans les « Bulletins de l'Union des Syndicats » annexés aux numéros de la R. G. E. du 6 janvier (p. 2), du 3 février (p. 18), du 17 février (p. 25) et du 17 mars (p. 38). Rappelons donc seulement que la première de ces Commissions a pour président M. Legouez et pour vice-président M. Brachet, la seconde MM. Eugène Sartiaux et Lettu ; mentionnons aussi qu'elles sont chargées de « travailler en collaboration avec la Société internationale des Electriciens, le Comité électrotechnique français, l'Association des propriétaires d'appareil à vapeur, les ingénieurs-conseils, etc » et qu'en conséquence, elles se sont adjointes des personnalités ne faisant pas partie de l'Union des Syndicats de l'Electricité.

Les divers Syndicats et Chambres syndicales constituant l'Union ont eux-mêmes nommé des Comités chargés d'étudier préalablement les questions à soumettre aux deux Commissions précédentes. Tel est le cas de la Chambre syndicale des constructeurs de gros matériel électrique dont le Comité tient chaque mois de nombreuses séances. De son côté, la Chambre syndicale des forces hydrauliques, de l'électrométallurgie, de l'électrochimie et des industries qui s'y rattachent a constitué un Comité, le Comité hydrotechnique, chargé d'étudier les questions se rapportant à l'utilisation de l'énergie hydraulique, et il a été convenu que celles de ces études qui sont du domaine de l'électricité seront soumises en dernier ressort au Comité électrotechnique français.

Ainsi donc, quelle que soit l'origine des études de normalisation, toutes arriveront au Comité électrotechnique français par une voie plus ou moins directe. Cette centralisation, absolument indispensable dans des études de ce genre, ne peut d'ailleurs retarder l'adoption des mesures préconisées par les Comités des Syndicats et les Commissions de l'Union, ces Comités ou Commissions comptant toutes dans leur sein des délégués au Comité électrotechnique français.

Précisément, en raison de ce que le Comité électrotechnique français doit statuer en dernier ressort sur les propositions qui lui sont faites, il serait prématuré de faire connaître actuellement les travaux des Commissions de l'Union et des Comités des Syndicats. Signalons toutefois, car l'adoption de cette prescription ne saurait soulever de difficultés, qu'il a été décidé que, lors de la reconstitution des réseaux électriques dans les régions envahies, la fréquence de 50 périodes : sec serait uniformément adoptée.

Cours et conférences de l'Institut électrotechnique de Grenoble pendant l'année scolaire 1917-1918. — Ces cours et conférences commenceront le 3 novembre 1917 ; en voici le programme les sections supérieures normale et spéciale (élèves ingénieurs) :

1° Electricité industrielle : *production et utilisation industrielles de l'énergie électrique ;* quatre cours par semaine, dont un public, par MM. Barbillion, Bergeon et Castex.

2° Technique électrique : *exercices électrotechniques, construction du matériel électrique, projets, plans et devis ;* deux cours par semaine, par MM. Barbillion, Bergeon et Castex.

3° Mesures électriques : *essais des machines et installations à courant continu et à courant alternatif ;* deux cours par semaine, par M. Ferroux.

4° Mécanique industrielle (A) : *moteurs thermiques. Etude spéciale des machines à vapeur ;* deux cours par semaine par M. Ferroux.

5° Mécanique industrielle (B) : *moteurs hydrauliques. Étude spéciale des roues et turbines. Turbines à vapeur. Aménagement des chutes d'eau. Construction des usines hydrauliques ;* trois cours par semaine, par MM. Bergeon et Routin.

6° Mathématiques appliquées a l'art de l'ingénieur : *Calcul différentiel et intégral. Mécanique appliquée ;* deux cours par semaine, par MM. Barbillion et Castex.

7° Dessin industriel : *croquis d'après pièces de machine. Mise au net. Reproductions héliographiques ;* deux cours par semaine, par M. Jolland.

8° Éléments de machines et construction mécanique : *résistance des matériaux. Eléments de technologie. Travail des métaux et du bois. Machines-outils. Transmissions mécaniques ;* deux cours par semaine, par MM. Ferroux et Routin.

9° Analyses chimiques et industrielles : *analyses qualitatives. Méthodes générales. Méthodes spéciales d'analyses industrielles ;* deux cours par semaine, par MM. Dodero et Flusin.

10° Électrochimie et électrométallurgie : *Électrochimie théorique et appliquée. Industries électrochimiques et électrométallurgiques ;* deux cours par semaine, par M. Flusin.

11° Physique industrielle et topométrie : *calorimétrie. Pyrométrie. Dynamométrie. Divers procédés d'éclairage et de chauffage. Étude spéciale des installations à gaz. Tracé et levé d'usines. Arpentage ;* deux cours par semaine, par M. Bergeon.

12° Législation industrielle : *éléments de droit industriel et commercial. Propriété industrielle. Contrat de travail. Accidents du travail ;* un cours par semaine, par M. Cuche.

13° Cours libres : *conférences de construction industrielle, de science financière, de comptabilité d'usines et de mesures préventives contre les accidents du travail, etc.* ; professé par des ingénieurs de la région sur des questions à l'ordre du jour.

14° Travaux et exercices pratiques : a) *manipulations chimiques ;* une séance de trois heures par semaine. b) *Exercices de conduite d'installations hydrauliques et à vapeur*, à l'annexe Diderot (1 000 ch). c) *manipulations électromécaniques ;* six séances de trois heures. d) *travaux d'atelier ;* six séances de trois heures. e) *Manipulations mécaniques ;* deux séances. f) *Essais électrométallurgiques aux fours électriques*, à l'annexe Diderot (1 000 ch).

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

Sur l'essai diélectrique de machines [1]

L'auteur discute les conditions d'essai diélectrique au point de vue valeur de la tension et durée d'application. Il démontre que la durée d'essai de 30 minutes, prescrite par les règles de l'Union des Syndicats de l'Electricité mais pratiquement inappliquée, est préjudiciable à la bonne conservation de l'isolant. En conclusion, l'adoption des règles anglo-américaines est recommandée.

Les conditions de l'essai diélectrique comportent deux facteurs : la tension d'essai et la durée d'application de cette tension. Les règles françaises de l'Union des Syndicats de l'Electricité de 1912 ne présentent pas un coefficient de sécurité suffisant pour la première, alors qu'elles exagèrent l'importance de la deuxième au détriment de la solidité finale de l'isolant.

La tension d'essai doit être suffisante pour :

1° Eliminer les machines dont les isolants présentent des défauts de fabrication ;

2° Permettre de s'assurer que l'isolement général présente un coefficient de sécurité suffisant par rapport à la tension de régime et aux surtensions éventuelles.

La durée d'application doit être suffisamment longue pour permettre de faire toutes constatations utiles au sujet de la présence d'effluves nuisibles, mais assez courte pour que l'isolant ne soit pas définitivement endommagé par l'épreuve.

Tension d'essai. — Les défauts de fabrication peuvent être inhérents à l'isolant. Ce dernier peut contenir des corps étrangers ou des bulles d'air) ou d'ordre mécanique (pliages trop vifs ou déchirures pendant le bobinage).

Le constructeur a intérêt à réduire l'épaisseur de l'isolant au strict minimum, en choisissant une matière de la meilleure qualité diélectrique, parce que la puissance qu'on peut tirer d'un type de machine déterminé dépend, en grande partie, du poids de cuivre qu'on peut loger dans les encoches munies de tubes isolants. Les difficultés, toujours croissantes, de trouver de la main-d'œuvre expérimentée et les soins demandés par le travail des isolants très minces, ainsi que la nécessité d'employer plusieurs couches pour diminuer les risques des défauts inhérents à l'isolant, empêchent le constructeur d'utiliser des épaisseurs en rapport avec la tension quand cette dernière est faible. Ainsi, la tension de « claquage » des tubes sains destinés aux tensions de régime de 110 à 220 v est de 5000 v environ et elle n'est généralement pas inférieure à 800-1 000 v, même quand la solidité mécanique de ces tubes est sérieusement compromise.

La tension d'essai pour les machines de 110 à 220 v ne doit pas, pour cette raison, être inférieure à ce dernier chiffre si l'on veut, en toute assurance, déceler les défauts mécaniques.

Pour déterminer si l'isolant est suffisant pour la tension de régime, il faut en outre l'essayer à une tension multiple de cette dernière ; la formule générale de détermination de la tension d'essai peut donc s'écrire comme suit :

Tension d'essai = Coefficient de sécurité × tension de régime $\geqq$ 1 000 v [1].

Le prix de la machine, pour les tensions élevées, dépend de la valeur du coefficient de sécurité, et il est très important, pour le développement de l'industrie française de constructions électriques, que ce coefficient ne s'écarte pas sensiblement de ceux adoptés par ses concurrents étrangers sur le marché mondial.

Il n'est pas douteux que l'adoption en France de prescriptions très différentes des règles en vigueur dans les autres pays mettrait l'industrie française en infériorité si elle était forcée de créer des types spéciaux pour l'exportation.

Durée d'application. — L'étude d'un grand nombre de courbes d'essais diélectriques, dont celle reproduite ci-dessous figure 1, montre que, pour un même isolant et à température constante, si on désigne par 100 la valeur de la tension de claquage à appliquer pendant une minute, la tension de valeur 90 provoquera le claquage au bout de trente minutes environ et la tension de valeur 80 sera le maximum pouvant être supporté indéfiniment.

La formule de détermination de la tension de claquage

[1] L'expression « machine » est utilisée ici pour désigner des machines dynamo-électriques et des transformateurs.

[1] La valeur de 1 000 v est aujourd'hui adoptée par les Associations des propriétaires de machines à vapeur en France, les règles anglaises, américaines et allemandes, et seules les règles de l'Union des Syndicats de l'Electricité prescrivent des essais à tensions inférieures.

Digitized by Google

découlant des essais précités est de la forme suivante :

$$e = e_\infty \left(1 + \frac{a}{\sqrt[4]{T}}\right)^{(1)}$$

où :

e = tension de claquage après un temps d'application de T secondes,

e_∞ = tension de claquage à $T = \infty$, variant avec l'épaisseur et la température de l'isolant et la fréquence de la tension appliquée,

a = coefficient variant avec la matière isolante.

Ce coefficient est de 0,5 environ pour la tresse vernie.

Si l'influence du temps est faible à température constante, il n'en est pas de même lorsque la chaleur due aux pertes diélectriques n'est pas dissipée par convection et rayonnement.

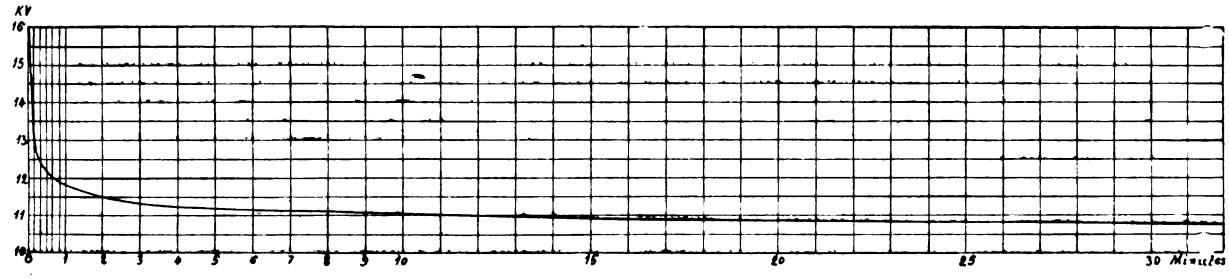


Fig. 1. — Tension de claquage par rapport au temps d'application.

La résistance diélectrique de l'isolant diminue avec l'échauffement et dépend de ce fait de la facilité avec laquelle la chaleur est dissipée comme le montre le tableau I (2).

Tableau I. — *Influence de l'échauffement sur le temps nécessaire pour causer le claquage d'un isolant.*

TENSION APPLIQUÉE VOLTS	TEMPS NÉCESSAIRE POUR CAUSER LE CLAQUAGE	
	Contacts en métal (a).	Contacts en bois recouverts de feuille d'étain (a).
9 000	570 sec.	50 sec.
10 000	48	19
11 000	16,5	10
12 000	10,2	6,2
14 000	5,2	4,5

(a) Les contacts en métal favorisent le refroidissement, alors que les contacts en bois recouverts de feuilles d'étain l'empêchent.

Dans les machines, l'isolant étant normalement enfermé entre deux surfaces bonnes conductrices de chaleur, l'échauffement dû à l'essai diélectrique est généralement faible par rapport à celui correspondant au fonctionnement en charge sous l'influence duquel l'isolant doit être essayé.

Un petit espace d'air entre le conducteur et la surface de l'isolant, comme on le trouve par exemple entre les conducteurs et les tubes isolants dans les encoches ou entre les bobines et les tubes des transformateurs, peut avoir un effet désastreux pour la solidité de l'isolant dans le cas où la tension critique de l'air ou de l'huile est dépassée, comme le montre le tableau II.

Tableau II. — *Influence d'un espace d'air entre le conducteur et l'isolant.*

DISTANCE D'AIR EN MM	TEMPS NÉCESSAIRE POUR CAUSER LE CLAQUAGE SOUS 10 000 V.
0,00	42 sec.
0,30	34
0,50	27,5
0,75	24
1,05	120 (irrégulier)

Aussitôt que la tension critique de l'air est dépassée, il se forme autour des conducteurs des effluves qui détériorent la matière isolante. Le voltage correspondant à l'établissement de la tension critique dans l'air n'est pas nécessairement suffisant pour causer le claquage de l'isolant, mais l'application prolongée d'une telle tension laisse l'isolant plus faible qu'il était avant l'essai.

Tableau III. — *Influence du temps d'application d'une tension d'essai sur la qualité diélectrique des isolants.*

TEMPS D'APPLICATION DE 5 000 V.	TEMPS D'APPLICATION JUSQU'AU CLAQUAGE (1)	
	de 6 500 V	de 7 000 V
0	22 minutes	8,5 minutes
1 heure	6,5 min.	8,3 secondes
2 heures	3,0 sec.	

(1) On a laissé les isolants se refroidir pendant toute une nuit entre les applications de la tension 5 000 V et celles des tensions 6 500 et 7 000 V.

(1) *General Electric Review*, novembre 1915.

(2) Pour les tableaux I, II et III, voir Raynor, *Journal of the Institution of Electrical Engineers*, 8 février 1912.

Digitized by Google

La tension d'essai de 5 000 v, insuffisante pour causer le claquage, a détérioré l'isolant d'une telle façon que la durée de sa résistance à 7 000 v n'est que 1/60 de ce qu'elle était avant l'application de la tension de 5 000 v.

On peut donc conclure qu'une machine, essayée à la tension de 5 000 v pendant une demi-heure et claquant à la première surtension, aurait pu résister à des surtensions répétées si elle avait été essayée à une tension légèrement supérieure pendant une minute.

En résumé, s'il faut avoir le souci de vérifier, il faut avoir aussi celui de conserver au matériel ses qualités et, en conséquence, réduire le temps d'application à celui strictement nécessaire aux constatations.

Comparaison des règles des divers pays. — Les courbes (fig. 2) donnent une comparaison des tensions

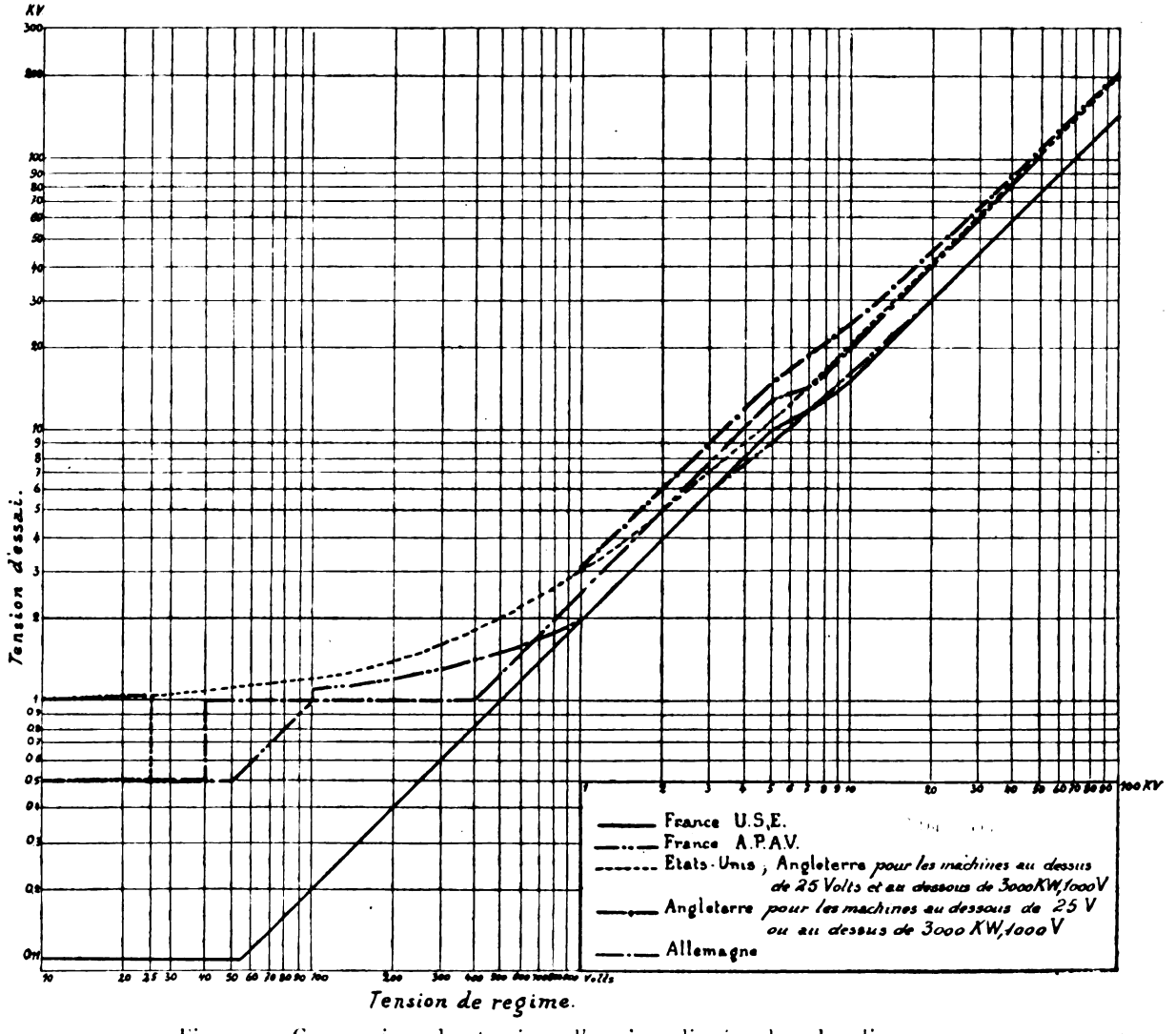


Fig. 2. — Comparaison des tensions d'essai appliquées dans les divers pays.

d'essai appliquées dans les divers pays. Des exceptions sont faites pour les machines à faible puissance, ou à puissance élevée, mais, d'une façon générale, un facteur de sécurité de 2 a été adopté, sauf en France, où ce facteur n'est appliqué que jusqu'à 5 000 v pour être réduit progressivement jusqu'à la valeur 1,5 aux tensions élevées. La durée d'application, à chaud, est de :

1 minute : Angleterre, Allemagne, Etats-Unis
5 minutes : France (A P A V)
30 minutes : France (U.S.E.)

Il n'est pas douteux que le temps d'application d'une minute est suffisant et que la durée de trente minutes n'a pas d'autre effet que de détériorer profondément les isolants, sans que cela, dans la plupart des cas, puisse être constaté à la réception ; très heureusement, cette dernière durée est en pratique très rarement appliquée.

Conclusions. — La durée d'application adoptée par les règles anglaises, américaines et allemandes d'une minute, permet de faire les constatations nécessaires et la fatigue de l'isolant est environ 80 pour 100 de la fatigue

Digitized by Google

qu'il aurait eu à supporter si la même tension avait été appliquée indéfiniment ; considérations de destruction par les effluves mises à part.

La tension d'essai à appliquer — à chaud — doit être égale à deux fois la tension du régime, mais supérieure à 1 000 v.

Dans l'intérêt de l'internationalisation des règles d'essai, la formule des règles anglaises et américaines.

Tension d'essai $=2\times$ tension de régime $+$ 1 000 v pourrait être adoptée.

Il y a lieu de faire des exceptions pour :

1° Les machines qui, en raison de leur tension réduite, ne sont pas destinées à être raccordées directement sur des réseaux de distribution. On peut adopter pour celles-ci, à l'instar des règles américaines, une tension d'essai de 500 v.

2° Par assimilation aux règles anglaises et américaines, et si l'on décide de s'y conformer, les machines et appareils au-dessous de 736 w.

3° Les transformateurs de distribution connectés directement aux réseaux de distribution particuliers, en raison du danger que pourrait présenter un contact accidentel entre les circuits haute et basse tension, si l'isolement de la basse tension résiste.

4° Les transformateurs de mesure. Ces transformateurs connectés directement aux barres omnibus sans aucune protection et recevant sans amortissement toutes les surtensions provenant des coupures doivent être exécutés avec un soin particulier. Les claquages fréquents de ces appareils justifient un traitement spécial particulièrement sévère.

A. Hansson,
Ingénieur de MM. Schneider et Cie.

Les lampes à incandescence

Cette revue d'ensemble propose d'étudier l'évolution de la lampe à incandescence dans son sens le plus large, c'est-à-dire comprendre à la fois les travaux théoriques et les résultats qu'ils ont donnés. Dans cette première partie, l'auteur rappelle les différentes lois du rayonnement du corps noir et des corps colorés, les différents rendements des sources lumineuses et enfin les nouvelles propositions pour la spécification des lampes à incandescence, qui seraient définies par le flux lumineux qu'elles émettent, évalué en lumens. Beaucoup de fabricants américains ont déjà adopté cette définition.

I. — **Les lois du rayonnement et le rendement des sources lumineuses.** — Une discussion serrée du fonctionnement des sources lumineuses nécessite la connaissance des lois du rayonnement. Aussi commencerons-nous par rappeler brièvement celles de ces lois qui se rapportent au rayonnement thermique, le seul qui intervienne pratiquement dans les lampes à incandescence.

Principe de Kirchhoff. — Si l'on désigne : par e le pouvoir émissif d'une surface rayonnante, c'est-à-dire la puissance du rayonnement monochromatique qu'elle émet dans une direction déterminée ; par a le pouvoir absorbant de la surface, c'est-à-dire la fraction qu'elle absorberait du rayonnement monochromatique précédent, tombant sous la même incidence, par e_0 le pouvoir émissif pour les mêmes radiations d'une surface noire caractérisée par un pouvoir absorbant égal à l'unité, Kirchhoff établit la relation :

$$(1) \qquad \frac{e}{a} = e_0.$$

Comme les différents corps absorbent très inégalement la lumière, il en résulte que les pouvoirs émissifs sont, eux aussi, inégaux, et toujours inférieurs à celui du corps noir théorique auquel M. Ch-Ed. Guillaume donne le nom expressif de *radiateur intégral*.

Le noir de fumée ne s'approche que grossièrement du corps noir. Une ouverture infiniment petite, pratiquée dans une cavité isothermique fermée et qui ne trouble qu'infiniment peu le régime des radiations de cette cavité, réalisera, au contraire, avec l'approximation que l'on voudra, l'élément de surface du corps noir, tant au point de vue de son absorption que de son émission.

Remarquons en passant, avec M. Cotton [1], que le principe de Kirchhoff ne renseigne sur la relation entre le pouvoir émissif et le pouvoir absorbant que pour les radiations qui circulent dans une cavité isotherme à la température considérée, ou, en d'autres termes, qui sont émises par le corps noir à la même température. Pour les radiations qui n'y figurent pas, l'existence d'un pouvoir absorbant ne permet en aucune façon de conclure à l'existence d'un pouvoir émissif et ne s'oppose pas à ce qu'il soit nul.

Lois du rayonnement du corps noir. — 1. *Loi de Stephan-Boltzmann.* — La loi de Stephan-Boltzmann fait connaître comment varie avec la température la puissance rayonnée par un corps noir dans l'ensemble des longueurs d'onde. La puissance *rayonnée par un corps noir est proportionnelle à la quatrième puissance de la température absolue du corps noir.* En désignant par W la puissance rayonnée exprimée en watts, par S la surface en centimètre carré, par T la température absolue du corps noir, on a :

$$(2) \qquad W = \sigma S T^4.$$

[1] *Revue générale des Sciences*, 1899, p. 102.

Digitized by Google

De nombreuses déterminations de la constante σ ont été faites au cours de ces dernières années. La tableau I renferme les principales valeurs obtenues.

TABLEAU I. — *Constante de la loi de Stephan-Boltzmann.*

σ watts:cm² deg⁴	AUTEURS	BIBLIOGRAPHIE
$6{,}25.10^{-12}$	Féry et Drecq.	*C. R.*, t. CLV, p. 1241.
5,803 —	Gerlach.	*Ann. Physik.*, t. XXXVIII, p. 1.
5,89 —	Keene.	*El. London*, t. LXX, p. 541.
5,96 —	Puccianti.	*Cim.* (6), t. IV, p. 31.
6,15 —	Id.	*Cim.* (6), t. IV, p. 328.
5,67 —	Shakespear.	*Proc. R. Soc. London*, (A), t. LXXXVI, p. 193.
5,54 —	Westphal.	*Ber. Dtsch. Physik. Ges.*, t. XIV, p. 1011.

2. *Loi de Wien.* — La courbe représentant la variation de la puissance rayonnée par le corps noir suivant les diverses longueurs d'onde présente un maximum. A mesure que la température de la source s'élève, le maximum s'approche des courtes longueurs d'onde. D'après Wien, *le produit de la longueur d'onde λ_m relative au maximum de puissance dans le spectre du corps noir, par la température absolue T du corps noir, est une quantité constante.* On a :

$$\lambda_m . T = K. \qquad (3)$$

Si on exprime la longueur d'onde λ_m en microns, la constante K a pour valeur $K = 2940$.

La loi de Wien permet de calculer facilement la longueur d'onde dominante dans le flux complexe qui émane d'un corps noir, pour une température connue.

3. *Variation du rayonnement avec la longueur d'onde.* — Plusieurs formules ont été proposées pour exprimer la variation du rayonnement monochromatique en fonction de la longueur d'onde dans le spectre du corps noir. Désignons par $\rho_\lambda d\lambda$ la puissance rayonnée entre les longueurs d'onde λ et $\lambda + d\lambda$. La relation qui est le mieux d'accord avec l'expérience est celle de Planck :

$$\rho_\lambda = \frac{C\lambda^{-5}}{e^{\frac{c}{\lambda T}} - 1}. \qquad (4)$$

Les valeurs des constantes c et C sont fournies par les expressions :

$$c = 4{,}965\ \lambda_m T; \qquad (5)$$

$$C = \frac{c^5\sigma}{6{,}4938},$$

(λ_m est exprimé en microns).

Dans bien des cas, on peut utiliser la relation approchée de Wien :

$$\rho_\lambda = \frac{C}{\lambda^5} e^{-\frac{c}{\lambda T}}. \qquad (6)$$

C et c ayant les mêmes valeurs que précédemment.

LOIS DU RAYONNEMENT DES CORPS COLORÉS. — On peut appeler *sources colorées* l'immense majorité des corps qui ont des propriétés nettement différentes de celles du corps noir. En général, le rapport dans lequel le pouvoir émissif d'un corps est moindre que celui du corps noir pris à la même température diffère suivant les différentes régions du spectre que l'on envisage; certaines couleurs sont plus favorisées que les autres. Ce n'est que dans le cas, extrêmement particulier, où le rapport du pouvoir émissif à celui du corps noir est le même dans toute l'étendue du spectre que la dénomination de *source colorée* devient impropre et doit être remplacée par celle de *corps gris*.

D'après MM. Féry et Chéneveau [1] le *platine* est un *corps gris* pour lequel l'*énergie totale est proportionnelle à la puissance 4,6 de la température absolue*, suivant la relation :

$$W = \sigma_1 . T^{4,6}. \qquad (7)$$

Les mêmes auteurs, dans le travail auquel nous faisons allusion, avaient placé également le tungstène dans la catégorie des corps gris.

La conclusion relative au *tungstène* n'a pas été confirmée. D'après M. Irving Langmuir, dans les conditions normales, c'est-à-dire pour une consommation de 1 W : bougie, le tungstène donne 32 pour 100 de radiations lumineuses de plus qu'un corps noir à la même température, et la lumière émise est plus bleue que celle d'un corps noir ayant une température supérieure de 50 à 80° [2].

Le rayonnement total des filaments d'*osmium*, de *tantale* et de *tungstène* obéit aux lois suivantes :

Pour l'osmium..... $W = \sigma_2 T^{4,71}$ (Barker).
Pour le tantale..... $W = \sigma_3 T^{4,7}$ (Hyde).
Pour le tungstène..... $W = \sigma_4 T^{6}$ (Hyde).

Le tableau II donne les intensités lumineuses relatives, exprimées en bougies d'Heffner, des différentes couleurs émises par quelques lampes à incandescence [3].

EVALUATION D'UN FLUX LUMINEUX. — La lumière étant une forme de l'énergie, il est naturel d'évaluer en watts la puissance transportée par les radiations lumineuses. On aurait une première indication, jugée d'ailleurs le plus souvent suffisante jusqu'à ces toutes dernières années, sur l'intensité de la lumière renfermée dans un flux complexe en mesurant la puissance rayonnée entre les limites extrêmes du spectre visible, les radiations ultra-violettes et surtout les radiations infra-rouges étant éliminées par un moyen approprié (cuve à eau d'épaisseur suffisante). Malheureusement, les extrémités du spectre *visible* sont mal définies et varient notablement avec les individus; et la grande intensité qu'ont, dans la plupart des sources, les radiations situées aux confins de l'infra-rouge introduit dans l'évaluation de la puissance trans-

(1) *Bull., de la Soc. intern. des Electriciens*, (2), 1909, t. IX, p. 656 et p. 680.

(2) Sur le rayonnement des filaments de tungstène, voir LANGMUIR, *La Revue électrique*, 7 juillet 1916, t. XXVI, pp. 18, 22 et 24. — Pour le filament d'osmium, voir BARKER, *Revue électrique*, (*ibid.* p. 24).

(3) LINKER, *Dingler's polytechnisches Journal*, **327** [37], p. 589.

Digitized by Google

portée par l'ensemble des radiations lumineuses un grand élément d'incertitude.

De plus, et surtout, la sensibilité de l'œil est extrêmement variable avec la longueur d'onde et les différentes radiations sont d'une utilité très différente dans la vision; il faut, pour impressionner la rétine, un minimum de puissance beaucoup plus grand dans le violet ou le rouge, par exemple, que dans le jaune ou le vert. On peut affecter chaque longueur d'onde d'un coefficient, appelé *coefficient de luminosité* qui mesure la sensibilité relative de l'œil pour cette longueur d'onde, le coefficient étant pris égal à l'unité pour la radiation à laquelle l'œil est le plus sensible ($\lambda = 0{,}55\ \mu$ environ) et décroissant de part et d'autre de cette radiation pour s'annuler aux extrémités du spectre visible.

Tableau II. — *Intensités lumineuses relatives, en bougies Heffner, des différentes couleurs émises par diverses lampes.*

LAMPES	ROUGE	JAUNE	VERT	BLEU
Charbon	100	100	100	100
Charbon métallisé	105	70	131	141
Nernst	95	88	160	195
Tantale	97	93	117	145
Osram (Faden)	101	79	156	187
Zircon	98	86	155	190
Tungstène	102	74	125	158
Sirius Kolloïd	98	86	147	218

Les diverses couleurs sont isolées au moyen de solutions de matières colorantes ayant les compositions indiquées ci-après :

rouge (de $\lambda = 1000$ à $\lambda = 650$)	450 mg	tartrazine	
	450	rose bengale (dans 1 litre d'eau)	
jaune (de $\lambda = 650$ à $\lambda = 540$)	3750	rapidfilter gelb	
	50	bleu de méthylène	
	40	tartrazine	
	65	rose bengale	Id.
vert (de $\lambda = 540$ à $\lambda = 490$)	200	filter grün	
	100	vert de naphtol	Id.
bleu (de $\lambda = 490$ à $\lambda = 440$)	100	bleu de méthylène	
	45	violet cristal	Id.

Aussi, aura-t-on une meilleure évaluation de l'intensité lumineuse en faisant intervenir chaque radiation pour la part qu'elle prend à la vision, c'est-à-dire en ne laissant arriver sur l'appareil de mesure qu'une fraction d'énergie proportionnelle au coefficient de luminosité correspondant.

Pour faire cette sélection, M. Féry [1] proposait, en 1908, de disposer, dans le spectre de la source à étudier, un écran limitant la hauteur du spectre en chaque point et ayant la forme de la courbe de sensibilité rétinienne, ou, plus simplement, d'interposer, devant l'appareil récepteur, une cuve absorbante dont la transparence pour chaque radiation soit proportionnelle au coefficient de luminosité.

Les dispositifs de M. Féry ont été perfectionnés et rendus vraiment pratiques par Herbert E. Ives et ses collaborateurs [1]. Les *photomètres à lecture directe* établis par ces derniers savants sont constitués par un appareil récepteur également sensible à toutes les longueurs d'onde (pile thermo-électrique à surface noircie) devant lequel on dispose un système sélecteur qui ne laisse passer qu'une fraction de chaque radiation proportionnelle au coefficient de luminosité [2].

Rendement des sources lumineuses. — On a longtemps appelé rendement d'une source lumineuse le rapport de l'énergie visible — c'est-à-dire comprise entre deux limites assez arbitraires situées dans le rouge et le violet — à l'énergie rayonnée totale. Les résultats ainsi obtenus pour un certain nombre de lampes à incandescence sont indiqués dans le tableau III [3] qui donne : 1° le nombre de watts dépensés dans la source par bougie Heffner; 2° le rendement en rayonnement de la source, c'est-à-dire le rapport de l'énergie émise sous

Tableau III. — *Efficacité lumineuse des diverses lampes à incandescence.*

LAMPES	WATTS PAR BOUGIE HEFFNER	ÉNERGIE RAYONNÉE / ÉNERGIE TOTALE	ÉNERGIE LUMINEUSE / ÉNERGIE RAYONNÉE	EFFICACITÉ LUMINEUSE
Charbon	3,8	61,9 %	2,85 %	1,75 %
Nernst	2,0	49,2	4,43	2,17
Tantale	2,0	64,8	4,26	2,75
Osram	1,5	75,6	4,63	3,50
A.E.G.	1,7	80,5	4,41	3,55
Bergmann	1,7	68,5	5,03	3,44
Tungstène	1,7	72,2	4,44	3,20
Sirius Kolloïd	1,5	65,4	5,42	3,55

[1] Féry. *Journ. de phys.* (4) 1908, t. VII, p. 632; *La Revue électrique*, 1er septembre 1916, p. 154.

[1] Voir en particulier : E. Ives, *Physical Review*, (2) t. VI, p. 319; 1915. — E. Ives et Kingsbury, *ibid.* p. 319. — Voir également A. Boutaric. Les récents progrès des méthodes photométriques, *Rev. génér. des Sciences*, p. 467, 15-30 août 1916.

[2] Le procédé le plus simple consiste à faire passer le rayonnement de la source lumineuse à travers une cuve absorbante qui a, pour chaque longueur d'onde, un coefficient de transmission sensiblement proportionnel au coefficient de luminosité de l'œil pour cette longueur d'onde, avant de le recevoir sur une pile thermo-électrique reliée à un galvanomètre d'Arsonval dont on observe les déviations dans une lunette. Une cuve à eau, disposée en avant de la solution absorbante, en empêche l'échauffement et élimine complètement les radiations infra-rouges que la solution pourrait transmettre; pour une épaisseur de solution de 1 cm, il est bon de prendre une épaisseur d'eau de 2 cm au moins. La solution à laquelle se sont arrêtés Ives et Kingsbury, après de nombreux essais a la composition suivante :

Chlorure de cuivre	60 gr
Sulfate de cobalt-ammonium	14 gr
Chlorure de potassium	1,9 gr
Acide nitrique	18 cc
Eau jusqu'à	1 litre

[3] R.-A. Houston, *El. London*, t. LXVIII., p. 188; *La Revue électrique*, 15 octobre 1915, p. 240.

Digitized by Google

forme de rayonnement à l'énergie totale dépensée dans la source; 3° le rendement lumineux du rayonnement, c'est-à-dire le rapport de l'énergie visible à l'énergie rayonnée totale; 4° l'efficacité lumineuse de la source, c'est-à-dire le rapport de l'énergie visible à l'énergie totale dépensée dans la source, égal au produit des deux rapports précédents.

Mais, dans le rapport de l'énergie rayonnée visible à l'énergie totale, toutes les radiations, pourtant si différentes au point de vue éclairant, prennent, à énergie égale, la même importance. Aussi ce rapport ne donne-t-il qu'une idée assez grossière du fonctionnement de la source de lumière.

On aura, au contraire, une connaissance précise de cette source en formant le rapport de la puissance éclairante obtenue par une méthode de photométrie physique à la puissance rayonnée totale (1). C'est ainsi qu'ont été obtenus, par Karrer (2), les valeurs R du rendement lumineux indiquées dans la 2e colonne du tableau IV.

Les nombres qui expriment le rendement vraiment intéressant au point de vue technique, à savoir le rapport r de la puissance rayonnée lumineuse à la puissance consommée par la source de lumière, sont encore plus faibles. On peut les obtenir en multipliant les rapports R de la 2e colonne du tableau IV par le rapport du nombre total de watts rayonnés au nombre de watts fournis à la source qu'on peut appeler rendement du rayonnement. En réalité, les nombres r de la 3e colonne du tableau IV ont été calculés par une voie légèrement différente (3).

Tableau IV. — *Rendement lumineux de quelques sources.*

NATURE DE LA SOURCE	R	r
Flamme du gaz	0,19 %	0,036 %
Lampe à filament de C de 4 w	0,45	0,42
Lampe Nernst, 8 A	1,08	0,77
Manchon Auer, 0,75 pour 100 de Ce.	1,20	0,19
Lampe à filament de Tu (vide), 1,25 w : bougie	1,65	1,30
Lampe à filament de Tu (dans Az), 0,65 w : bougie	2,90	2,60

Définition pratique des lampes a incandescence. — On a une bonne définition pratique des lampes à incandescence en indiquant en bougies sphériques ou en lumens l'intensité ou le flux lumineux qu'elles fournissent par watt de puissance consommée. Pour s'affranchir des difficultés que présentent les comparaisons photométriques à cause des différences de teintes des lumières fournies par les diverses sortes de lampes, on effectue les mesures au moyen d'un photomètre à scintillation.

Au cours de ces dernières années, divers savants ont insisté sur l'intérêt qu'il y aurait à définir les lampes par le flux lumineux total qu'elles émettent, évalué en *lumens*. Rappelons que le *lumen*, proposé par M. A. Blondel comme unité de flux, représente la lumière émise par une source d'intensité lumineuse uniforme de 1 bougie dans un angle solide de 1 stéradian, c'est-à-dire un angle solide découpant une surface de 1 m² sur une sphère de 1 m de rayon. Le lumen est fréquemment utilisé aux Etats-Unis, et les constructeurs américains ont récemment décidé de définir désormais les lampes par le flux lumineux, évalué en lumens, qu'elles émettent. La même décision a été adoptée par l' American Illuminating Engineering Society, et, dans sa séance du 16 janvier 1917, par l'Illuminating Engineering Society de Londres.

Il semble bien, en effet, que la seule base correcte de comparaison des lampes à incandescence — surtout depuis l'emploi des globes et des réflecteurs qui introduisent d'importantes perturbations dans la répartition de la lumière — soit la quantité totale de lumière qu'elles émettent suivant l'ensemble des directions. On pourrait l'exprimer par l'intensité moyenne sphérique, mais ceci reviendrait à adopter, dans la plupart des cas, une valeur de définition inférieure à la valeur indiquée par les anciennes définitions, ce qui constituerait un inconvénient au point de vue commercial. De plus, l'emploi du lumen permet de simplifier bien des formules.

Jusqu'ici, aucun de ces deux modes logiques de définition par le nombre de bougies moyennes sphériques ou de lumens n'a été couramment utilisé. Et même aucun accord international n'a précisé le choix de la constante qui doit servir de définition à une lampe. Des définitions différentes ont été arrêtées par les groupements ou comités électrotechniques des différents pays et sont devenues officielles à l'intérieur de ces pays. Elles conduisent généralement à adopter l'*intensité lumineuse horizontale*, soit moyenne, soit maximum. Mais le choix de ces définitions, qui paraît avoir été déterminé par la considération de la facilité avec laquelle on peut l'obtenir pratiquement, est loin d'être le mieux indiqué si l'on désire une constante qui caractérise bien la lampe au point de vue de ses qualités photométriques. Nous aurons, en effet, l'occasion de faire remarquer au cours de notre étude que les coefficients de réduction sont trop variables suivant les lampes pour qu'on puisse déduire avec quelque précision l'intensité moyenne sphérique de la connaissance de l'intensité horizontale Et on ne peut que souhaiter de voir se généraliser les décisions prises aux Etats-Unis et en Grande-Bretagne de définir les lampes par le flux lumineux total évalué en lumens.

Voici cependant les définitions qui étaient officielles jusqu'à ces tout derniers temps et qui sont encore le

(1) Le nombre de watts transmis par la solution absorbante dont la composition est indiquée plus haut (voir en note) donnerait la puissance lumineuse de la source si le coefficient de transmission était exactement égal à l'unité pour la longueur d'onde de luminosité maximum ($\lambda = 0,55\ \mu$). En réalité, on devra diviser le nombre obtenu ainsi directement par le coefficient de transmission de la cuve pour cette longueur d'onde.

(2) Karrer, *Physical Review*, 1915, 2e série, t. v, p. 189.

(3) Ives, *Phys. Rev.* 1915, 2e série, t. v, p. 390.

Digitized by Google

plus souvent employées. En *France*, on prend comme intensité nominale d'une lampe à incandescence l'*intensité horizontale maximum* déterminée : dans le cas d'un filament à une seule spire, en orientant la lampe de manière que l'axe photométrique soit perpendiculaire au plan moyen du filament défini par les parties à peu près rectilignes et parallèles qui viennent se fixer aux soudures ; dans le cas du filament à plusieurs spires en faisant coïncider l'axe de l'hélice avec l'axe du photomètre ; dans le cas des lampes métalliques en dirigeant cet axe perpendiculairement à la partie aplatie du pied en verre traversé par les fils d'amenée du courant aux filaments. — En *Allemagne*, l'intensité nominale est l'*intensité horizontale moyenne* qu'on détermine, soit par le procédé des miroirs tournants, soit en disposant la lampe verticalement à l'intérieur d'un angle dièdre de 120° formé par deux miroirs verticaux : l'éclairement mesuré au photomètre résulte de l'éclairement direct de la lampe sur le photomètre et des éclairements par réflexion sur les deux miroirs ; la valeur ainsi obtenue est très voisine de l'intensité horizontale moyenne. — En *Angleterre* et en *Amérique*, on adopte également l'*intensité horizontale moyenne* qu'on mesure, soit par le procédé de rotation de la lampe, soit par celui de rotation des miroirs.

Remarques sur le rendement des lampes a incandescence. — Le tableau V (1) résume les progrès réalisés dans l'éclairage électrique par les lampes à incandescence depuis son invention, relativement au nombre de watts dépensés par bougie. L'accroissement du rendement des diverses lampes à filament métallique par rapport aux lampes à filament de carbone (voir tableaux III, IV et V) tient à plusieurs causes :

Tableau V. — *Progrès réalisés dans les lampes à incandescence.*

NATURE DU FILAMENT	DATE	TENSION (EN VOLTS)	PUISSANCE ÉCLAIRANTE (EN BOUGIES)	WATTS PAR BOUGIE
Carbone	1880	jusqu'à 100	10 — 50	3,0
Id.	1889	200		
Nernst	1898	110	65	1,5
Id.	1903	250	130	1,5
Osmium	1902	65	35	1,7
Tantale	1905	jusqu'à 110		1,9
Tungstène filé	1906	100	8 — 50	1,25
Id.	1908	100	6 — 300	1,25
Id.	1909	230	8 — 1000	1,25
Tungstène étiré	1910	100—250	20 — 1000	1,25
Lampe demi-watt.	1913	50—250	750	0,65
Lampe demi-watt.	1915	25—250	30 — 3000	0,65
Arc incandescent au tungstène	1915	50	100	0,65

1° La *température* du filament métallique est *plus élevée* que celle du filament de carbone, tout au moins en régime normal.

On conçoit alors que le spectre du premier filament soit plus riche en radiations de courtes longueurs d'onde que celui du deuxième. « En d'autres termes, l'intensité lumineuse sera plus grande pour la lampe à filament métallique que pour la lampe à filament de carbone. Par conséquent, pour produire une même intensité lumineuse, il faudra dépenser moins d'énergie électrique pour les lampes à filament métallique que pour les lampes ordinaires à filament de carbone ; on peut dire que, plus la température du filament sera grande, meilleur sera le rendement lumineux » (1).

Le tableau VI (2) met nettement en évidence les variations du rendement avec la température. Le rendement élevé des nouvelles lampes « demi-watt » tient à ce que la température du filament peut être poussée, par suite de l'atmosphère inerte, sans crainte d'une volatilisation trop rapide.

Tableau VI. — *Températures des filaments et rendements.*

NATURE DU FILAMENT	TEMPÉRATURE VRAIE	BOUGIES PAR WATT
Carbone (60 w)	1 820°C	0,329
— (190 w)	1 843	0,368
— (120 w)	1 847	0,369
Tantale (25 w)	1 862	0,513
— (40 w)	1 890	0,561
— (100 w)	1 945	0 655
Tungstène ancien (25 w)	1 980	0,811
— nouveau (25 w)	1 982	0,821
— ancien (100 w)	2 035	0,895
— nouveau (100 w)	2 040	0,944

2° Les filaments utilisés possèdent, en général, une *émission sélective* vers les courtes longueurs d'onde (voir le tableau II).

Nous avons vu qu'un corps qui n'est pas un radiateur intégral émet moins d'énergie que le corps noir, à température égale. Mais son rayonnement peut être mieux distribué au point de vue éclairant. C'est ce qui se produit pour les divers filaments métalliques employés dans les lampes à incandescence, dont le rayonnement se rapproche de celui du corps noir vers le bleu et le vert, utiles pour la vision, et s'en éloigne vers le rouge dont l'importance est secondaire. Il n'est pas étonnant que le rapport de l'énergie utile à l'énergie totale, c'est-à-dire le rendement, soit supérieur à celui du corps noir et qu'il faille un moindre nombre de watts pour produire la même intensité lumineuse.

(A suivre.)

A. Boutaric,
Chargé d'un cours complémentaire d'électricité industrielle à l'Université de Montpellier.

(1) Morris. *Transactions of the Illuminating Engineering Society*, janvier 1916, p. 6.

(1) Féry et Chéneveau. *Bull. de la Société intern. des Electriciens*, 1909, 2e série, t. IX, p. 985.

(2) Forsythe. *El. London*, t. LXX, p. 220-222.

Digitized by Google

Revues, analyses et informations

La résistance à la traction en courbes d'une voiture électrique de 28 t (1).

I. Introduction. — La résistance à la traction des trains d'une voie curviligne est plus grande que la résistance d'une voie de construction identique, en ligne droite. La connaissance de la grandeur de la différence est nécessaire dans la résolution de nombreux problèmes intéressant la traction, tant à vapeur qu'électrique. Presque tous les essais effectués jusqu'à présent l'ont été avec des trains à vapeur, et il est douteux que les valeurs de la résistance en courbes ainsi trouvées soient applicables aux voitures électriques qui, elles, se propulsent d'elles-mêmes sur la voie. Ce furent ces considérations qui conduisirent le Bureau d'études de traction de l'Université d'Illinois à entreprendre les essais dont les résultats font l'objet du présent exposé. — Les essais eurent pour but de mesurer la résistance dans les courbes d'une voiture électrique de 28 t, et cela, à différentes vitesses et sur diverses courbes. Dans tout le cours de l'exposé, les termes « résistance en courbe », ou « résistance due à la courbure de la voie » signifient : l'excès de force de traction nécessité par la voiture en courbe sur la force nécessaire en ligne droite. Cette force de traction est l'effort appliqué aux jantes des roues pour maintenir la vitesse constante en palier et dans un air calme. Elle est exprimée en livres par tonne de poids de la voiture.

II. Sommaire. — a) *Voie, voiture, équipement.* — La voiture du type habituellement employé dans les services interurbains a 13 m de longueur ; elle repose sur 2 trucks à 4 roues, espacés de 7,80 m de centre à centre, avec un écartement d'essieux égal, dans chaque truck, à 1,90 m, elle possède 4 moteurs de 50 ch et pèse environ 28 t. La résistance en courbes fut déterminée sur 7 courbes de courbures variant de 2° à 14° 1/2 ; pour chaque courbe, l'essai était continué sur la partie rectiligne de la voie prolongeant la courbe, sauf dans 3 cas où la section en alignement droit ne présentait pas les conditions requises. On se servait alors des données d'une autre section rectiligne. La surélévation du rail extérieur varie de 1,9 cm pour la courbe de 2° à 14,5 cm pour la courbe de 14° 1/2. La voie est composée de rails de 34,5 kg, posés sur traverses espacées d'environ 0,60 m ; le ballast est composé de gravier et de scories. A en juger par les règles qui président généralement à l'établissement des lignes interurbaines pour vitesses moyennes, on peut dire que la voie considérée fut bien construite et bien entretenue. Elle fut surveillée spécialement en vue des essais. A part quelques exceptions, ces essais furent effectués par beau temps, les rails étant bien secs ; le maximum de vitesse du vent fut 29 km : h.

b) *Méthode.* — Dans chaque essai, la voiture parcourait la courbe aller et retour, ainsi que la voie rectiligne prolongeant la courbe. La vitesse était maintenue aussi constante que possible. Des courses semblables étaient effectuées à d'autres vitesses, jusqu'à ce qu'on ait accumulé assez de résultats pour définir la résistance à différentes vitesses. En procédant par aller et retour, chaque paire de trajets donne 2 valeurs de la résistance : l'une, avec vent debout, l'autre avec vent arrière. La moyenne donne, après de nombreux essais, un résultat indépendant de l'effet du vent. La différence entre les valeurs de la résistance en ligne droite et de la résistance en courbe, donne la résistance due à la courbure de la voie.

c) *Résultats.* — Les essais montrèrent que, pour la voiture considérée, la résistance de courbure est directement proportionnelle à la courbure et à la vitesse. Pour une

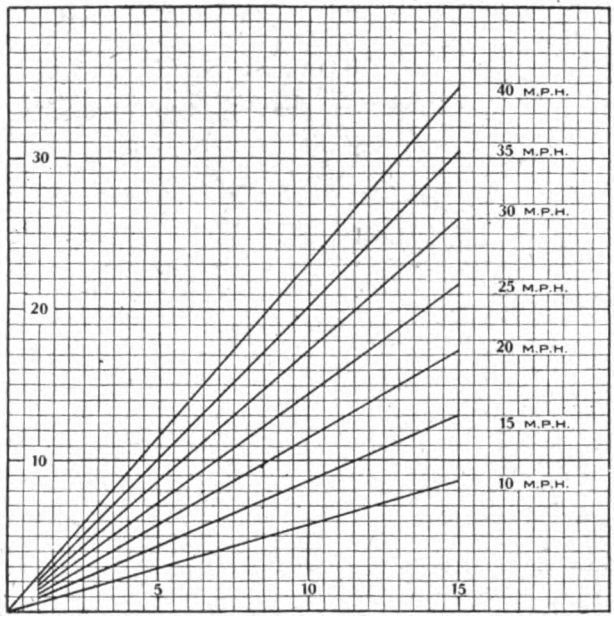


Fig. 1. — Variations de la résistance en courbe en fonction de la courbure — 40 M P H = 40 miles par heure, etc.

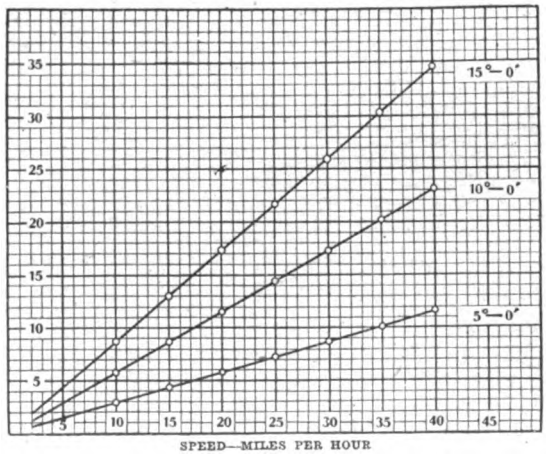


Fig. 2. — Variations de la résistance en courbe en fonction de la vitesse.

(1) Edw.-C. Schmidt et Harold-H. Dunn. *University of Illinois Bulletin*, 18 septembre 1916, t. XIV, n° 3, p. 5-54, 26 fig., 11 tab.

Digitized by Google

vitesse donnée, cette résistance croît quand la courbure s'accentue, et cela en proportion directe avec la courbure, comme le montre la figure 1. Ceci implique que, à une vitesse donnée, cette résistance exprimée en livres par tonne et par degré de courbure, est une constante pour toutes les courbes. D'un autre côté, cette résistance, toujours exprimée en livres par tonne et par degré, est différente suivant la vitesse, et varie de telle façon que, pour une courbe donnée, elle croît en proportion directe avec la vitesse (fig. 2). La relation entre la résistance de courbure, la courbure de la

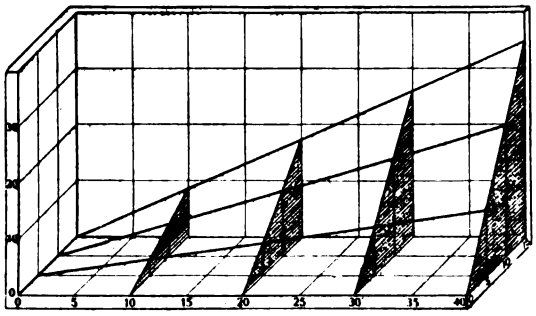


Fig. 3. — **Diagramme complet de la résistance en courbe en fonction de la vitesse et de la courbure.**

voie et la vitesse, est représentée par la figure 3, et elle est définie par la formule

$$R_c = 0{,}058\ S.C, \qquad (1)$$

dans laquelle R_c est exprimée en livres par tonnes, S étant la vitesse en miles par heure et C le degré de courbure. Le tableau I a été établi d'après la formule (1).

Tableau I.

DEGRÉS DE COURBURE	RÉSISTANCE DE COURBURE LIVRES PAR TONNE. Les têtes de colonnes indiquent la vitesse en miles par heure.							DEGRÉS DE COURBURE
	10	15	20	25	30	35	40	
1	0,58	0,87	1,16	1,45	1,74	2,03	2,32	1
2	1,16	1,74	2,32	2,90	3,48	4,06	4,64	2
3	1,74	2,61	3,48	4,35	5,22	6,09	6,96	3
4	2,32	3,48	4,64	5,80	6,96	8,12	9,28	4
5	2,90	4,35	5,80	7,25	8,70	10,15	11,60	5
6	3,48	5,22	6,96	8,70	10,44	12,18	13,92	6
7	4,06	6,09	8,12	10,15	12,18	14,21	16,24	7
8	4,64	6,96	9,28	11,60	13,92	16,24	18,56	8
9	5,22	7,83	10,44	13,05	15,66	18,27	20,88	9
10	5,80	8,70	11,60	14,50	17,40	20,30	23,20	10
11	6,38	9,57	12,76	15,95	19,14	22,33	25,52	11
12	6,96	10,44	13,92	17,40	20,88	24,36	27,84	12
13	7,54	11,31	15,08	18,85	22,62	26,39	30,16	13
14	8,12	12,18	16,24	20,30	24,36	28,42	32,48	14
15	8,70	13,05	17,40	21,75	26,10	30,45	34,80	15

III. Quelques détails. — *a*). *La voiture d'essais* — Les roues ont un diamètre de 0,14 m. Chaque truck est mû par deux moteurs Westinghouse 101 — *D*, à 500 v, d'une puissance de 50 ch chacun. Ils sont montés sur les axes et les engrènent dans le rapport de 22 à 62. La voiture était pourvue d'appareils enregistrant le courant consommé, la tension, la vitesse, la distance parcourue, la pression aux cylindres des freins. En outre, dans chaque trajet, on enregistrait la direction et la vitesse du vent et la température.

b) Les essais furent entrepris entre Danville, Urbana, Champaign, Decatur et Springfield. Le tableau II donne les caractéristiques des sept courbes utilisées.

Tableau II.

COURBURE MOYENNE	LONGUEUR DE LA COURBE	SURÉLÉVATION			POIDS DES RAILS
		moyenne	maximum	minimum	
degrés	mètres	cm	cm	cm	kg par m
2° — 0′	150	1,75	3,0	0,0	34,5
2° — 50′	530	7,5	10,0	3.3	34,5
3° — 40′	340	4,8	8.3	0.5	
5° — 0′	215	7,0	9,6	1,0	
6° — 30′	110	11,4	13,5	5,6	
6′ — 0′	54	13,4	13,8	12,5	
14° — 30′	85	15,0	17,4	12,5	

c) La résistance brute opposée au mouvement de la voiture sur une section quelconque de la voie est composée de la résistance due à la rampe, de celle due à l'accélération, de celle due au vent (en dehors de la résistance habituelle de l'air), de la résistance sur une voie plane, en ligne droite, parcourue à vitesse constante, et enfin, de la résistance due à la courbure. Les deux premières résistances peuvent aisément être éliminées par le calcul, celle due au vent peut l'être également, par la manière de procéder. Dans les essais où la résistance du vent faisait un angle avec la direction du mouvement, il restait toujours la composante normale à la voie qui occasionnait une augmentation de frottement des bandages. Dans les résultats donnés est donc inclus l'effet de cette composante normale ; mais l'excès de résistance ainsi introduit doit être minime ; il est certainement inférieur aux variations fortuites de la résistance intrinsèque.

IV. Résultats immédiats. — Considérons la figure 4 : les points marqués par des cercles correspondent à des trajets

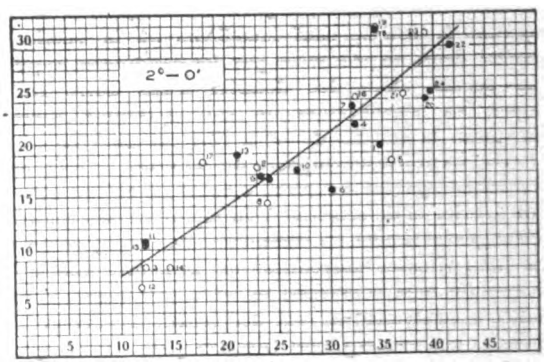


Fig. 4. — Exemple d'une courbe moyenne exprimant la résistance en fonction de la vitesse.

pendant lesquels le vent était de direction opposée au mouvement ; les points noirs correspondent au fait contraire. Chaque point définit une relation entre la résistance telle qu'on l'a considérée ci-dessus, et la vitesse pendant l'essai. Toutes les figures identiques montrent une continuelle augmentation de résistance avec la vitesse, excepté cepen-

Digitized by Google

dant la figure 5, se rapportant à la courbe de 14°30'. Dans cette courbe, la résistance décroit jusqu'à un minimum correspondant à une vitesse d'environ 20 km : h pour croitre ensuite ; la surélévation du rail extérieur de cette courbe est 14,6 cm, et la composante du poids de la voiture, parallèle au plan de voie, se monte à environ 2,6 t. On peut présumer que cette composante, jusqu'à la valeur du minimum produit une friction excessive des bandages sur le rail intérieur ; puisque cette composante est opposée à la force centrifuge, ses effets doivent diminuer graduellement en même temps que la force centrifuge augmente, et ceci jusqu'à ce qu'on ait réalisé une vitesse telle que cette composante du poids est égale et de signe contraire à la force centrifuge.

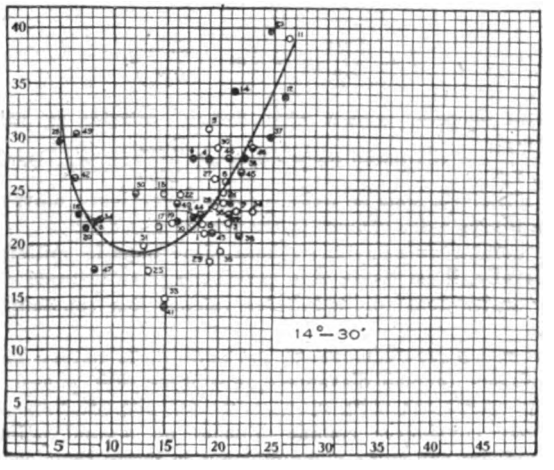


Fig. 5. — Autre type de courbe moyenne exprimant la résistance en fonction de la vitesse. Il y a un minimum de résistance correspondant à une vitesse à 12,5 miles à l'heure.

— Dans ces figures, la résistance due aux rampes et à l'accélération a été éliminée, ainsi que l'effet de la composante de la vitesse du vent parallèle à la voie. La résistance définie par ces figures comprend donc la résistance intrinsèque due à une voie de niveau, en ligne droite parcourue à vitesse constante, la résistance due à la composante normale de la vitesse du vent, et la résistance due à la courbure.

V. Résultat final. — a) *Résistance due à la courbure.* — La figure 6 donne, pour chaque courbe de la voie étudiée, la relation existant entre la vitesse et la résistance ; le trait supérieur correspond à l'essai fait en courbe, l'autre à l'essai sur la voie rectiligne en prolongement. La différence entre les ordonnées des deux traits, à n'importe quelle vitesse, est la valeur de la résistance due à la courbure. Ainsi, sur la figure correspondant à la courbe de 2°, on voit que la résistance éprouvée par la voiture dans la courbe, à la vitesse de 32 km : h. est 6,35 kg par tonne, et la résistance due à la partie rectiligne est 5,1 kg par tonne ; la différence de ces valeurs, 1,25 kg par tonne, est la résistance due à la courbure à la vitesse considérée.

b). *Relation entre la courbure et la résistance due à la courbe.* — Reportons-nous à la figure 1. A la vitesse de 20 km : h par exemple, la résistance de courbure exprimée en kilogrammes par tonne, est 1,45 kg, 3,95 kg 5,9 kg pour des courbes de 5, 10 et 15°. Ceci indique, pour cette vitesse, une résistance constante de 0,4 kg par tonne et par degré de courbure.

c). *Relation entre la vitesse et la résistance à la courbure* (fig. 2) — Sur une courbe de 5° par exemple, à la vitesse de 16 km : h, la résistance fut trouvée égale à 1,3 kg par tonne, et à la vitesse de 48 km : h, égale à 3,9 kg par tonne.

d). *Relation générale entre la courbure, la résistance de courbure et la vitesse.* — C'est la formule (1) : $R_c = 0{,}058\ S.C$. Le Bulletin 74 de l' « Engineering Experiment Station » donne les résultats d'expériences dans les-

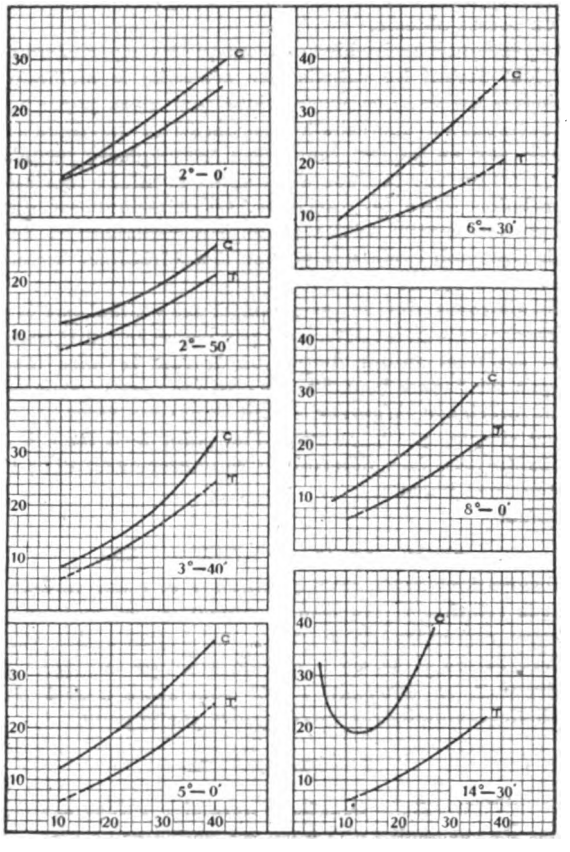


Fig. 6. — Pour les sept voies utilisées, expression de la résistance en fonction de la vitesse pour la partie courbe C et pour la partie en alignement droit T.

quelles la résistance de la même voiture, à vitesse constante, fut déterminée sur une voie horizontale en alignement droit. Cette résistance est exprimée par la formule

$$R_t = 4 + 0{,}222\ S + 0{,}00\,181\ \frac{A}{W}.S^2. \qquad (2)$$

En combinant (1) et (2) on trouve :

$$R = R_t + R_c = 4 + 0{,}222\ S + 0{,}00\,181\ \frac{A}{W}.S^2 + 0{,}058\ S.C \qquad (3)$$

formule dans laquelle R est la résistance totale en livres par tonne, S la vitesse en miles par heure, C la courbure en dégrés, A l'aire de la voiture en pieds carrés, et W son poids en tonnes. Si la voiture se déplace en rampe et si sa vitesse n'est pas constante (c'est-à-dire s'il existe une accélération), les corrections habituelles doivent être apportées à la formule 3.

Digitized by Google

Sur la détermination des constantes des formules linéaires empiriques (1).

Quoique les physiciens s'accordent à penser qu'une loi rigoureusement linéaire entre deux phénomènes est tout à fait exceptionnelle dans les relations physiques, il arrive souvent cependant qu'une ligne droite suffit à représenter une relation dans une région limitée. Dans de tels cas, les données peuvent être soumises au calcul, et les constantes relatives à la ligne la plus probable évaluées par la méthode des moindres carrés. Une telle ligne est la meilleure qu'on puisse obtenir.

Cependant, il arrive bien souvent que les expérimentateurs reculent devant les calculs que nécessite la méthode des moindres carrés. Les observations sont alors portées graphiquement sur une échelle appropriée et une ligne droite tracée sur un papier transparent est déplacée jusqu'à ce qu'on trouve une position qui semble le mieux représenter la relation entre les variables. Le critérium est que la somme des déviations des points expérimentaux en dessus de la ligne soit égale à la somme des déviations des points situés en dessous.

En abordant ainsi le problème, il est évident que la connaissance d'un point déterminé par lequel devrait passer la ligne droite et autour duquel on devrait la faire tourner jusqu'à lui donner la meilleure position serait particulièrement précieuse. L'auteur établit dans son travail, par un calcul simple, que la position d'un point de la ligne la plus probable peut être déterminée rigoureusement dans toute distribution linéaire.

Soient

$$x_1, y_1; \quad x_2, y_2; \quad \ldots \quad x_i y_i; \quad \ldots \quad x_n y_n,$$

n observations entre deux quantités x et y qui varient suivant la relation $y = a + b\,x$. Soient x_m la moyenne des valeurs observées de x et y_m la moyenne des valeurs observées de y. Il est facile de voir que la ligne qu'on obtiendrait en déterminant les constantes a et b par la méthode des moindres carrés passe par le point

$$x = x_m, \quad y = y_m.$$

Considérons les « équations normales » dont la solution donne les constantes a et b par les moindres carrés :

$$(1) \qquad n.a + b.\Sigma x = \Sigma y$$

$$(2) \qquad a.\Sigma x + b.\Sigma x^2 = \Sigma x y,$$

la relation entre x et y étant

$$y = a + b\,x.$$

De l'équation (1) on tire pour a :

$$a = \frac{\Sigma y}{n} - b.\frac{\Sigma x}{n} = y_m - b.x_m.$$

Substituons cette valeur de a dans $y = a + b\,x$ (équation à satisfaire pour la ligne)

$$(3) \qquad y = y_m - b\,x_m + b\,x = y_m + b\,(x - x_m).$$

Pour $x = x_m$ on a bien $y = y_m$. C. Q. F. D.

La théorie précédente est susceptible d'être généralisée dans le cas où les observations sont de poids différents. Soient $p_1, p_2 \ldots, p_n$ les poids respectifs des n observations de x et y.

L'équation normale (1) devient :

$$a.\Sigma p + b.\Sigma p x = \Sigma p y,$$

d'où

$$a = \frac{\Sigma p y}{\Sigma p} - b\,\frac{\Sigma p x}{\Sigma p};$$

ce qui, substitué dans

$$y = a + b\,x,$$

donne

$$y = \frac{\Sigma p y}{\Sigma p} + b\left(x - \frac{\Sigma p x}{\Sigma p}\right).$$

Cette équation admet bien comme solution la valeur $y = \frac{\Sigma p y}{\Sigma p} = y'_m$ quand on y fait $x = \frac{\Sigma p x}{\Sigma p} = x'_m$. Dans ce cas, x'_m et y'_m sont ce qu'on peut appeler les « moyennes généralisées » des valeurs observées de x et de y.

Le point $x = x_m$, $y = y_m$ étant situé dans le milieu de l'intervalle, il est d'une aide précieuse pour le tracé de la ligne droite dont on déduit les valeurs des constantes a et b.

Une remarque s'impose. Si, par suite de la nature même des choses, on sait d'avance que la ligne doit passer par quelque point connu (1), x_0, y_0, la théorie précédente ne doit pas être considérée comme donnant un second point et déterminant par suite complètement la ligne. Dans ce cas, le point connu x_0, y_0 sera un point de l'ensemble auquel on devra attribuer un poids infini et la considération de ce fait pour le calcul de la moyenne généralisée donne $x'_m = x_0$, $y'_m = y_0$. Cependant, les conditions pratiques des expériences pourraient être de nature à vicier la position absolue du point théorique, ce qui se produit, par exemple, dans les courbes de calibrages de certains types d'instruments ayant, par suite de phénomène de frottement, un déplacement du zéro plus ou moins défini. Le point x_0, y_0 perd de son poids et ne doit plus être envisagé que comme une valeur d'observation. Dans les cas de ce genre, le calcul ci-dessus peut être convenablement appliqué pour situer un point au voisinage du milieu de l'ensemble, le point théorique x_0, y_0 étant négligé.

L'essai pratique courant pour la vérification de la ligne, à savoir que la somme algébrique des déviations des points observés à partir de la ligne doit être nulle, est satisfaite par toute ligne menée suivant une direction quelconque par le point $x = x_m$, $y = y_m$ et aucune ligne ne satisfera à cette condition si elle ne passe pas par le point. Comme on l'a montré antérieurement, le choix d'une ligne remplissant les conditions ci-dessus, n'est autre chose qu'une méthode très détournée pour la faire passer par le point x_m, y_m. La connaissance préalable que la ligne doit passer par le point x_m, y_m rend l'essai complètement inutile et peut épargner pas mal de peine à tous ceux qui procèdent à des déterminations graphiques.

(1) Harry M. Roeser. *The Physical Review*, janvier 1917, 2e série, t. IX, p. 80-82, 1 200 mots. Travail du U. S. Bureau of Standards, Washington.

(1) Par exemple, dans le cas d'une tige chauffée uniformément, si l'on désigne par l la longueur à la température t et par k le coefficient de dilatation, la ligne représentée par l'équation $l = l_0 + l_0\,kt$ doit passer par le point $l = l_0$, $t = 0$. l_0 étant la longueur connue à 0°.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

Sur l'utilisation rationnelle des chutes d'eau pour la création d'usines hydro-électriques

Jusqu'à présent, l'utilisation de nos richesses hydrauliques a été le plus souvent réalisée sans tenir aucun compte de l'intérêt général : seules étaient aménagées les chutes donnant lieu au minimum de dépenses de premier établissement par unité de puissance captée, alors que, dans bien des cas, il eût été possible, au prix d'une légère augmentation des dépenses engagées, de mettre en valeur une bien plus grande quantité de l'énergie disponible. La guerre actuelle est venue montrer l'importance, vitale pour notre industrie, d'une utilisation plus rationnelle de nos chutes d'eau, et divers projets de loi ont été récemment déposés devant le Parlement en vue d'y parvenir. Dans l'article ci-dessous, M. Eydoux commence par établir, à l'aide d'un exemple concret, la nécessité de ne commencer l'aménagement d'un cours d'eau qu'après une étude complète de tout son bassin ; il montre ensuite qu'une utilisation rationnelle de toute l'étendue d'un cours d'eau n'implique pas nécessairement la création d'une chute unique de grande hauteur et qu'elle peut fort bien être obtenue par la création de plusieurs chutes en échelons ; enfin, il fait voir que les lacs que l'on rencontre souvent aux hautes altitudes peuvent remplir un autre but que celui de régulateurs du débit du cours d'eau dans sa partie inférieure : ils peuvent servir à alimenter des usines hydrauliques de secours venant en aide aux usines situées plus bas, seulement au moment des basses eaux, solution qui assure, avec le minimum de dépenses, la régularisation de la production d'énergie électrique. En terminant, M. Eydoux émet le vœu qu'il soit apporté le plus tôt possible à notre législation les modifications nécessaires à un aménagement rationnel et complet de nos richesses hydrauliques.

En présence de l'extension toujours plus grande donnée à l'utilisation de la houille blanche et de l'intérêt vraiment national qui s'y attache, tant pour la période actuelle que pour la période d'après-guerre, en vue de nous affranchir du lourd tribut que représente pour nous l'importation de quantités toujours croissantes de charbon, il me semble utile de développer quelques considérations sur la façon d'arriver à une conception vraiment rationnelle des usines à créer ; car ces idées, quoique très simples, me paraissent avoir été trop souvent perdues de vue.

I. — **Nécessité d'un plan d'ensemble, dans la création des chutes.** — Dans une chute ou dans un ensemble de chutes à créer, il y a, en général, une portion limitée sur laquelle on pourrait établir une usine où le prix unitaire de la puissance aménagée serait extrêmement bas, mais qui ne correspondrait qu'à une portion très faible de l'énergie totale disponible ; de même qu'à vouloir tout utiliser, on arriverait à des solutions où l'unité de puissance équipée reviendrait à des prix très élevés, alors qu'entre ces deux extrêmes, existe une solution permettant de produire une quantité importante d'énergie à des prix raisonnables et suffisamment rémunérateurs. Il est évident que, si l'on a en vue l'intérêt général, c'est à ce dernier parti que l'on doit arriver. Mais, si la deuxième hypothèse que je viens de mentionner n'est pas à redouter pratiquement, car on ne trouvera jamais d'industriels disposés à produire de l'énergie à perte, la première pourra se réaliser souvent et particulièrement lorsqu'un industriel ne disposant que de capitaux limités et n'ayant pas besoin de beaucoup de puissance viendra aménager la partie économique d'une plus grande chute, rendant ainsi sinon impossible, tout au moins beaucoup plus difficilement réalisable, l'utilisation de toute l'énergie pratiquement disponible.

Je préciserai ces idées par l'exposé d'un cas concret, provenant de l'usine de Soulom [1] que vient d'équiper récemment la Compagnie des chemins de fer du Midi pour l'électrification de son réseau. Il me sera d'autant plus facile de discuter cet exemple que les faits que je vais signaler datent d'une époque où l'utilisation de la houille blanche n'était pas développée comme aujourd'hui et que je pourrai les exposer sans qu'on puisse y voir aucune critique à l'égard des ingénieurs qui ont réalisé ces installations et qui ne pouvaient alors prévoir l'avenir réservé à ces questions.

L'usine de Soulom utilise deux chutes, l'une sur le Gave de Pau, l'autre sur le Gave de Cauterets. C'est cette dernière que je choisirai comme exemple pour ne pas trop m'étendre sur ce sujet. Mais la chute du Gave de Pau donne lieu aux mêmes réflexions que celles que je vais faire à propos du Gave de Cauterets.

A partir de l'aval de Cauterets, le Gave présente le profil en long représenté schématiquement sur la figure 1.

Sur ce cours d'eau, une société anglaise, la Compagnie des Mines de Pierrefitte, avait, au voisinage de son

[1] Voir, au sujet de cette usine, l'article déjà publié dans le n° 8 de la *Revue générale de l'Électricité*, p. 287 sqq.

Digitized by Google

exploitation, installé, dès 1890, une usine utilisant la chute comprise entre les points 641 et 615.

Postérieurement, vers 1898, la Compagnie des chemins de fer Pierrefitte-Cauterets-Luz a créé une usine comprise entre les points 801 et 715.

Ces deux installations, très intéressantes pour l'époque, ont été établies très rationnellement aux points précis où la pente du Gave est la plus forte. Mais il est facile de voir les conséquences de ces travaux au point de vue de l'utilisation rationnelle du Gave ; avec une pente moyenne de 0,0495, soit 0,05, il aurait été intéressant, avec les idées modernes, de créer une chute totale brute de 436 m, ou nette de 400 m environ, qui, avec un débit caractéristique moyen de 5 000 l : sec, aurait représenté une puissance moyenne de près de 20 000 kw sur les aubes des turbines, sans dépasser des limites de prix raisonnables ; il n'y avait d'ailleurs pas intérêt à la fractionner, car le Gave n'a pas d'affluent intéressant entre Cauterets et Pierrefitte et son bassin versant augmente relativement peu entre ces deux points où il coule dans une gorge étroite.

Que s'est-il passé quand la Compagnie des chemins de fer du Midi a voulu réaliser la chute? Ne pouvant supprimer l'usine de la Compagnie des chemins de fer Pierrefitte-Cauterets-Luz, trop importante, et qui représentait un capital trop élevé, elle a placé sa prise d'eau au niveau du canal de fuite de cette usine, soit à la cote 730. Elle a dû, d'autre part, racheter l'usine de la Mine de Plomb et lui rendre en même temps sous forme de courant électrique l'énergie dont elle la privait.

De là, résultent les fâcheuses conséquences suivantes :

1° Utilisation pratique de 333 m bruts environ au lieu de 436, la partie à plus faible pente, qui aurait pu et dû logiquement être utilisée avec l'ensemble, restant, pour le moment du moins, sans aménagement.

2° Réalisation de cette chute incomplète avec deux

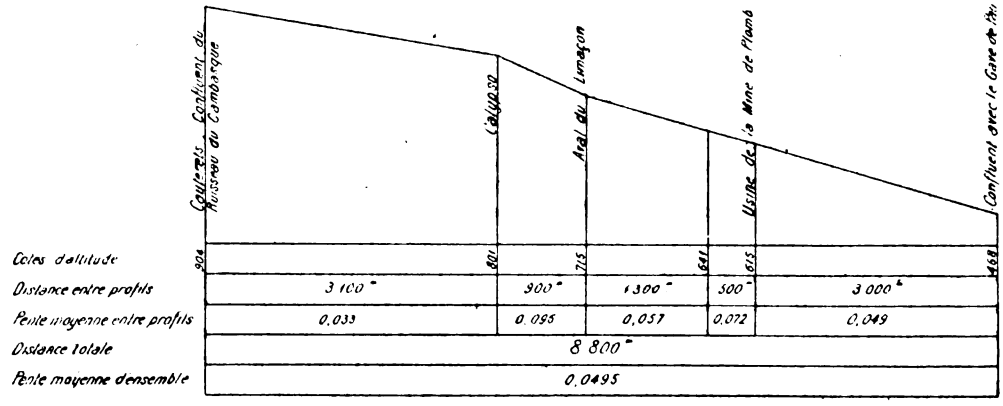


Fig. 1. — Profil en long schématique du Gave de Cauterets.

usines, ce qui, sans compter la perte de chute obligée entre le canal de fuite de l'usine d'amont (Usine des chemins de fer P.-C.-L.) et la prise d'eau de l'usine d'aval (Compagnie du Midi), représente une solution plus onéreuse que l'usine unique, tant comme premier établissement que comme exploitation.

3° Perte de la plus grande partie du capital représenté par l'usine de la Mine de Plomb qui n'est plus que faiblement utilisable pendant une petite partie de l'année.

Ce qui a pu se produire alors qu'on ne connaissait pas encore toute l'importance pratique de la houille blanche, ne doit plus, à mon avis, se produire aujourd'hui. Tout ce qui est utilisable dans des conditions pécuniaires convenables doit être utilisé.

Aussi, lorsqu'on se trouvera dans une région où aucune installation antérieure importante n'existera, j'estime qu'il est d'un intérêt général de prévoir l'aménagement d'une chute suivant un plan d'ensemble, de manière à produire le maximum d'énergie avec le plus petit nombre d'usines, dût-on, pour arriver à ce résultat, grouper, par un procédé quelconque, les intérêts divers qui auraient en vue la réalisation des chutes partielles.

II. — **Usines en échelons.** — Cette première question nous amène à la suivante. Doit-on chercher à réaliser de très hautes chutes, ou, dans le cas contraire, comment doit-on les fractionner?

Il ne semble pas qu'il y ait un intérêt à faire de très hautes chutes, à moins de circonstances très particulières, et les 1 650 m de hauteur de l'usine de Fully seront toujours, sans doute, un cas exceptionnel. Si l'on se rapporte à cette notion, aujourd'hui universellement connue, que le débit d'un cours d'eau en un point donné est proportionnel à la superficie du bassin versant en amont, on est amené à couper une chute dès que ce bassin versant subit un accroissement important, en particulier chaque fois qu'un fort affluent, d'importance comparable au cours d'eau principal, vient s'y jeter, afin de reprendre, dans une nouvelle usine, le débit de cet affluent.

Cette conception conduirait même, si l'importance de cet affluent est assez grande, à profiter aussi de la chute

Digitized by Google

qui existe sur cet affluent en établissant les conduites forcées sur l'arête séparant les deux bassins et en amenant les eaux des cours d'eau dans la même chambre de mise en charge par un double canal d'amenée en forme d'Y. L'usine elle-même serait établie au voisinage du confluent. On arrive ainsi à la conception d'usines en échelons suivant le schéma de la figure 2, comme solution conduisant à produire la puissance maximum avec un nombre d'usines minimum.

D'autres fois, quand les affluents se jettent dans le cours d'eau principal par une dernière partie à forte pente et qu'ils sont sur la même rive, on sera conduit à

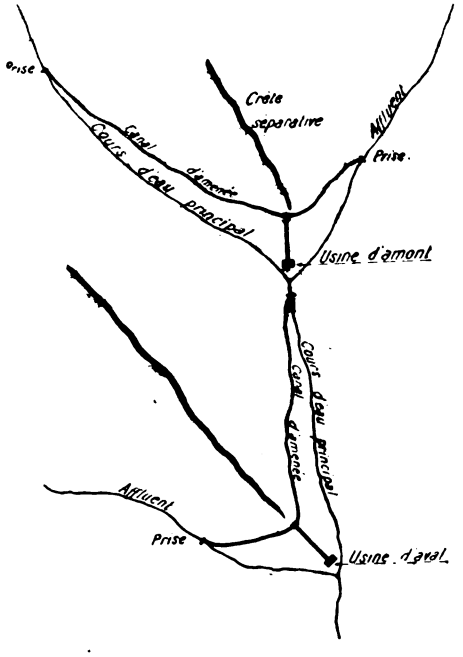


Fig. 2.

faire du canal d'amenée une sorte de collecteur recueillant successivement les affluents rencontrés suivant le schéma de la figure 3.

Évidemment, ces diverses solutions sont des questions d'espèce; mais, si l'on cherche à tirer d'une région toute l'énergie hydraulique qu'elle est susceptible de fournir dans des conditions économiques acceptables, on les rencontrera fréquemment, comme cela m'est arrivé dans des études récentes. J'ai pu d'ailleurs me rendre compte que, dans les Pyrénées, sauf pour les usines situées dans de très hautes régions, au-dessus de la cote 1 200, ces chutes varient pratiquement entre 400 et 120 m de hauteur.

III. — Usines sur lacs-réservoirs remplaçant pour un ensemble d'usines hydrauliques les usines thermiques de secours. — Dans un article paru récemment ici [1] M. Lévy-Salvador a exposé d'une façon très complète l'utilisation des lacs-réservoirs pour la régularisation du débit des cours d'eau.

Il semble que, dans les groupes d'usines en échelons situés en montagne, on puisse utiliser encore plus complètement ces lacs, en faisant porter la régularisation plutôt sur l'énergie à produire que sur le débit lui-même.

Supposons, en effet, un lac de haute altitude, comme il s'en rencontre de nombreux exemples tant dans les Alpes que dans les Pyrénées; si l'on veut s'en servir pour régulariser le débit d'une rivière en vue d'assurer le fonctionnement d'une ou plusieurs usines situées assez loin en aval ou de permettre des irrigations, on sera

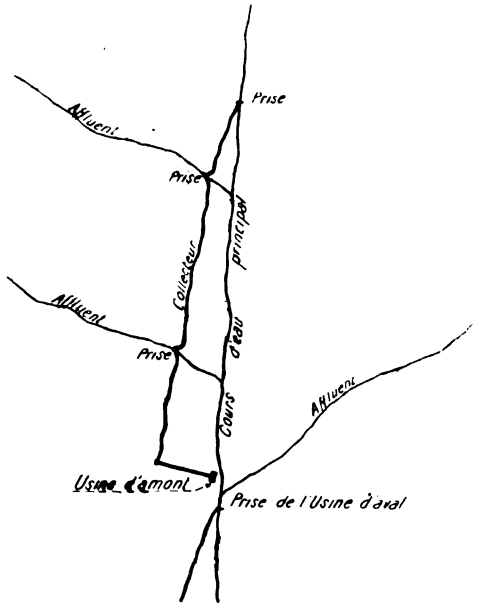


Fig. 3.

amené à créer des réserves considérables, ce qui sera très cher et souvent impossible. Ce n'est que grâce à des circonstances locales exceptionnellement favorables que l'on a pu créer les importantes réserves destinées à la régularisation du débit de la Neste et dont M. Lévy-Salvador a parlé dans son article précité. Là, d'ailleurs, il n'y avait pas d'autre solution à envisager; on voulait, non de l'énergie, mais de l'eau.

Mais supposons, au contraire, que l'on veuille de l'énergie; si l'on équipe, comme il est rationnel et pour éviter de laisser perdre de l'eau, les usines pour le débit caractéristique moyen ou pour un débit légèrement inférieur, on sera amené, si l'on veut une production d'énergie à peu près constante chaque jour [1], et si l'on ne dispose pas de réservoirs très considérables, toujours très onéreux d'ailleurs dans de pareilles proportions, à créer des usines thermiques de secours qui ne seront utilisées

(1) Régularisation du régime des cours d'eau utilisés à la production de l'énergie hydro-électrique; *Revue générale de l'Électricité*, 17 février 1917, t. I, p. 267.

(1) Il est évident que les considérations précédentes perdent de leur intérêt s'il s'agit d'usines pouvant admettre des variations importantes, comme par exemple celles où l'on fabrique des produits que l'on peut mettre en stock.

Digitized by Google

qu'une partie de l'année; de même que, pendant le fonctionnement de ces usines thermiques, une fraction importante de l'équipement des usines hydrauliques sera immobilisée.

Si l'on peut créer, comme je le disais précédemment, un réservoir en très haute montagne, situé très au-dessus de la région des usines à créer, il pourra alors être avantageux de construire une usine utilisant directement les eaux du lac et les rendant avant la prise de la première usine d'amont, établie seulement au point où le débit du cours d'eau commence à devenir appréciable. Sa chute pourra être souvent très grande (j'ai eu à étudier deux cas semblables où la chute était voisine de 800 m) et, en raison même de cette hauteur, un débit relativement faible donnera une grande puissance.

Au moment des étiages, on ouvrira les robinets du lac et l'usine haute remplissant le rôle d'usine de secours viendra fournir le supplément d'énergie nécessaire. On remarquera d'ailleurs que ce débit supplémentaire passant successivement dans les usines en échelons situées plus bas, permettra, en même temps, une nouvelle production d'énergie et, par suite, une meilleure utilisation de leur équipement.

Conclusion. — J'espère pouvoir, dans quelque temps, éclaircir, par l'examen d'un cas concret, les considérations qui précèdent et indiquer comment on peut, par des constructions graphiques simples, définir les rôles que doivent remplir les diverses usines successives et l'importance à leur donner.

Mais il me semble impossible, en attendant, de ne pas tirer des quelques considérations qui précèdent la conclusion qui paraît forcément en résulter.

Les chutes sont un patrimoine national et, si elles sont susceptibles d'une utilisation en vue d'un but particulier, il est indispensable d'éviter que l'on puisse, par un aménagement mal compris ou incomplet, gaspiller une part de l'énergie qu'elles peuvent pratiquement fournir. Autant il est impossible d'imposer l'aménagement de certaines parties dont le prix de revient serait trop onéreux, autant on doit empêcher de ne prendre dans une chute que les parties dont l'aménagement est le plus avantageux en laissant de côté d'autres parties moins bonnes mais qui, jointes aux premières, auraient fourni une somme d'énergie plus considérable dans des conditions économiques encore satisfaisantes.

Il ne semblerait pas inutile, à ce point de vue, que, lorsqu'on veut créer des usines hydrauliques dans une région, la législation permît à l'administration d'intervenir, en groupant au besoin les intérêts divers, afin que ces chutes fussent établies suivant un plan d'ensemble constituant un aménagement rationnel et complet.

D. Eydoux,
Ingénieur des Ponts et Chaussées,
Ingénieur principal de la Voie aux Chemins de fer du Midi.

Prix de revient comparés du labourage mécanique

M. Ach. Delamarre montre dans cet article, qui constitue un complément à sa précédente étude sur le Labourage électrique, avec quels concurrents le nouveau système aura à lutter. Les chiffres comparatifs qu'il indique seront intéressants à retenir pour tous ceux qui voudront consacrer leurs efforts à une propagande utile auprès des agriculteurs.

Dans un précédent article (1), j'ai montré qu'il appartenait aux secteurs de se faire auprès des agriculteurs les propagandistes de cette révolution culturale : le labourage électrique.

Mais, pour remplir ce rôle d'apôtre, il faut être convaincu soi-même — ou tout au moins le paraître, ajouteront les pince-sans-rire, — et surtout être capable de convaincre, en discutant les avantages et les inconvénients des divers modes de labourage actuellement en usage.

C'est pourquoi il m'a paru intéressant et utile de rappeler ici les prix de revient du labourage selon la nature de la force motrice employée en laissant de côté le labourage avec des chevaux et des bœufs qui coûte, suivant les cas, de 75 à 125 fr l'hectare, mais en se rapprochant plutôt de ce dernier chiffre.

Les éléments de prix sont ceux d'avant-guerre, ceux actuels étant évidemment trop instables pour servir de base; mais ceci n'a aucun inconvénient puisqu'il s'agit surtout d'établir des valeurs comparatives.

Les surfaces labourées annuellement sur lesquelles nous nous sommes basé sont celles qui constituent le rendement pratique maximum du matériel employé, c'est-à-dire la surface qu'il est possible de travailler pendant l'époque de l'année où les labours doivent être faits; il serait complètement faux, en effet, de dire qu'un matériel permettant de faire 4 ha par jour, peut faire annuellement 1 200 ha.

Labourage a vapeur. — On utilise toujours le système à deux treuils; les locomobiles, qui pèsent de 12 à 20 t, peuvent développer de 75 à 125 ch; elles sont du type compound, à assez grande vitesse (400 t : m. environ). La consommation de charbon varie de 3 à 3,5 kg : ch-h; on a cherché à la réduire en appliquant la surchauffe à ces machines, mais la complication de

(1) Voir la *Revue générale de l'Électricité* du 5 mai 1917, p. 651.

Digitized by Google

conduite qui en résulte n'est nullement compensée par l'économie de combustible.

La consommation de charbon ressort d'ailleurs à un taux élevé, non pas tant par suite d'un mauvais rendement des locomobiles, qu'à cause de leur utilisation défectueuse ; en effet, une seule travaille à la fois, et, pendant ce temps, il faut maintenir l'autre en pression et entretenir son feu avec une activité presque aussi grande que si elle fonctionnait.

Aussi, dans les meilleures conditions, doit-on compter sur 500 à 550 kg de charbon à l'hectare pour des labours profonds de 30 à 35 cm, avec une surface labourée journellement de 4 ha, et 300 kg à l'hectare pour labours ordinaires de 18 à 20 cm, avec une surface labourée par jour de 8 ha.

Quatre hommes sont nécessaires pour la conduite du matériel, plus un mécanicien pour l'entretien. En outre, il faut amener sur place 1 500 à 1 700 kg de charbon, avec celui nécessaire à la remise en pression du matin ; enfin, il y a à assurer l'alimentation en eau qui représente en moyenne 3 m³ par journée de 10 heures.

Le coût d'une semblable installation varie de 75 000 fr à 100 000 fr, pour lesquels il faut compter 5 pour 100 d'intérêt, et 10 pour 100 d'amortissement, réparation, entretien, remplacement du câble, etc...

On peut alors évaluer ainsi le coût du labourage d'un hectare à 30-35 cm de profondeur en comptant sur 500 ha par an :

	Francs
Intérêt du capital, amortissement, etc., $\frac{100\,000 \times 0,15}{500}$	30 »
Charbon (en briquettes), à raison de 40 fr la tonne, 500 kg × 0,04	20 »
Charrois d'eau et charbon représentant au total 5 000 kg y compris le charretier et les aides pour le chargement : $\frac{30}{4}$	7,50
Huile, graisses, etc... par hectare	3 »
4 hommes pour la conduite à 7 fr. 50 par jour : $\frac{30}{4}$	7,50
1 mécanicien d'entretien : $\frac{12}{4}$	3 »
Total	71,00

Ce chiffre est une moyenne, évidemment, mais est très près de la vérité ; les Sociétés de labourage à vapeur du Soissonnais demandent en effet 75 fr à l'hectare, charrois du charbon et de l'eau à la charge du cultivateur ; or, M. Tardy a montré qu'elles réalisaient un bénéfice de 25 pour 100, ce qui fait ressortir le prix de revient à 56,25 fr ; mais elles parviennent à labourer annuellement 700 ha, ce qui ramène les frais fixes par hectare pour intérêt du capital, amortissement, etc., à $\frac{100\,000 \times 0,15}{700} = 21,45$ fr, soit 8,55 fr en moins. Le calcul ci-dessus appliqué à une ferme de 700 ha aurait donné après déduction des charrois d'eau et de charbon : 71 — 8,55 — 7,50 = 54,95 fr.

On peut donc compter comme base, avec le labourage à vapeur, 70 fr l'hectare pour des labours de 30 à 35 cm. Pour des labours de 18 à 20 cm, le prix de revient calculé comme ci-dessus descendrait, en remarquant qu'on pourrait labourer 1 000 ha par an, à : 39,75, soit 40 fr.

LABOURAGE PAR TRACTEURS. — M. A. de Poncins, président du Syndicat de culture mécanique de l'Union du Sud-Est, a fait des essais pratiques dans ses fermes au moyen d'un tracteur à essence tirant une charrue trisoc spéciale ; la largeur du labour était de 90 cm, la profondeur de 18 à 20 cm en terres fortes.

La surface labourée journellement était de 2 ha ; cette surface peut paraître faible a priori, mais il faut tenir compte de ce que le rendement est certainement plus mauvais avec des tracteurs qu'avec des treuils, car il y a beaucoup plus de perte de temps pour tourner au bout de chaque rayage ; en fait, ce rendement ne dépasse jamais 0,50. Or, admettons une vitesse de 1,30 m : sec ; la surface théorique labourée en 10 heures serait de : 0,90 m × 1,30 m × 3,600 × 10 m = 4,2 ha ; et la surface réelle de 4,2 × 0,50 = 2,1 ha, soit 2 hectares environ.

La puissance nécessaire, en admettant un effort spécifique de traction en terres fortes de 60 kg par décimètre carré de section de labour [1], serait de : 9 × 2 × 60 = 1 080 kg : sec qui représentent théoriquement : $\frac{1\,080}{75} = 14,4$ ch. En pratique, il faudrait, en tenant compte du rendement, admettre au minimum 20 ch. Or, un moteur à essence consomme en moyenne 0,500 litre d'essence par ch-h, soit pour 20 ch : 10 litres à l'heure ou 100 litres par jour ou enfin 50 litres par hectare.

C'est précisément le chiffre qu'a trouvé M. de Poncins, ce qui démontre que nos prévisions sont exactes et peuvent être appliquées pour d'autres données.

Le matériel avait coûté 12000 fr ; l'amortissement en a été prévu en quatre ans, ce qui est un peu rapide ; les réparations ont couté 900 fr par an ; le personnel se composait de deux hommes payés 10 fr par jour, chiffre qui n'est pas trop élevé si l'on remarque que l'un d'eux au moins doit être un bon mécanicien ; les intérêts du capital, assurances, frais généraux sont revenus annuellement à 1 800 fr, l'essence était payée 0,76 le litre (prix supérieur à la moyenne), l'huile et la graisse, enfin, ont représenté 3 fr environ par hectare. On arrivait ainsi à un prix de revient de 65 fr l'hectare pour une superficie labourée de 300 hectares qui constitue le maximum de travail pour le tracteur envisagé. Ce chiffre est même élevé car il correspond à 150 jours de labourage soit, avec les dimanches, une durée de travail de près de six mois qui est trop longue, les labourages exigeant d'être faits dans un laps de temps sensiblement plus court ; aussi nous baserons-nous sur 250 hectares seulement.

Il y a lieu, en outre, de prendre pour prix de base de l'essence les cours moyens d'avant la guerre, soit 0,50 fr le litre. On arrive alors au résultat suivant à l'hectare.

[1] Voir la *Revue générale de l'Electricité* du 5 mai 1917, p. 631.

Digitized by Google

	Francs.
Amortissement : $\frac{3\,000}{250}$	12 »
Réparations : $\frac{900}{250}$	3,60
Personnel : $\frac{10}{2}$	5 »
Intérêts, assurances, frais généraux, etc. : $\frac{1\,800}{250}$	7,20
Essence : 50 l. × 0,50	25 »
Huile, graisse, etc	3 »
Total	55,80

Il ne faut pas oublier que, dans l'état actuel de la question, on ne saurait envisager l'utilisation de tracteurs pour des labours profonds et que les labours de 18 à 20 cm doivent constituer le maximum de ce que l'on peut demander à ces machines.

Labourage électrique. — Le rendement d'un matériel de labourage électrique est sensiblement la même que celui d'un matériel à vapeur. On peut donc se baser sur 500 ha par an en labours de 30 à 35 cm et 1 000 ha en labours de 18 à 20 cm, avec des productions journalières respectives de 4 et 8 ha.

La consommation en énergie électrique est de 70 à 75 kw-h pour les labours de 30 à 35 cm et de 50 à 55 kw-h pour les labours de 18 à 20 cm, avec de bons treuils. La valeur du matériel est d'environ 100 000 fr pour une ferme de 300 à 350 ha, mais doit être portée, pour tenir compte des lignes haute tension fixes à construire, à 155 000 fr pour 500 ha et à 175 000 pour 1 000 ha; on doit compter, en dehors d'un intérêt à 5 pour 100 du capital engagé, 5 pour 100 d'amortissement et 5 pour 100 d'entretien, ce qui donne une annuité de 15 pour 100. La main-d'œuvre se compose d'un électricien à 7,50 fr, deux hommes à 5 fr et un petit aide à 2,50, soit 20 fr par jour.

Ceci représente déjà comme frais à l'hectare pour des labours de 30 à 35 cm :

	Francs.
Intérêt, amortissement, entretien $\frac{125\,000 \times 0,15}{500} = 37,50$	
Main-d'œuvre $\frac{20}{4}$	5 »
	42,50

En labours de 18 à 20 cm on trouverait : 28,75 fr.

A ces chiffres, il faut ajouter le prix du courant qui constitue une variable et dépend de la nature de la source d'énergie; ce serait 0,15 à 0,20 le kw-h avec du courant acheté à des centrales thermiques, 0,075 fr à 0,10 fr avec du courant provenant de centrales hydrauliques. Le tableau ci-dessous résume le prix de revient total à l'hectare dans ces diverses hypothèses :

PRIX DU COURANT AU KW-H	0,075	0,10	0,15	0,20
	fr	fr	fr	fr
Labours de 30/35 : 75 kw-h...	48,10	50,00	53,75	57,50
Labours de 18/20 : 55 kw-h...	34,35	36,25	40,00	43,75

On remarquera que ces prix sont différents de ceux donnés dans notre article précédent déjà cité, où le prix de revient de l'hectare en labours de 30 à 35 cm avec du courant à 0,20 fr le kilowatt-heure a été indiqué de 63 fr l'hectare. Cela tient uniquement à ce que nous avions envisagé un matériel ne travaillant que 350 ha par an, c'est-à-dire utilisé sur une seule ferme d'importance déjà au-dessus de la moyenne, alors qu'ici, pour avoir un terme de comparaison exact, nous avons dû envisager l'utilisation maximum possible.

Conclusion. — Dans le tableau ci-dessous, nous allons résumer les différents prix de revient à l'hectare que nous venons de déterminer :

NATURE DU MATÉRIEL	LABOURS PROFONDS DE 30 35 cm	LABOURS ORDINAIRES DE 18 20 cm
Labourage à vapeur	70,00 fr	40,00 fr
Tracteurs à essence		55,80
Labourage électr. : 0,075 le kw-h.	48,10	34,35
Id. 0,10 Id.	50	36,25
Id. 0,15 Id.	53,75	40,00
Id. 0,20 Id.	57,50	43,75

Il semblerait en résulter que le labourage électrique est toujours meilleur marché, le labourage par tracteur toujours le plus coûteux, mais il ne faut pas prendre ces résultats à la lettre, brutalement, sans les interpréter.

Le seul résultat incontestable, c'est que le système à vapeur doit disparaître à plus ou moins bref délai ; en ce qui concerne le labourage électrique, il ne faut pas oublier que les prix avantageux du tableau ont été obtenus en tablant sur des surfaces labourées annuellement de 500 à 1 000 hectares qui constituent les utilisations maxima et nécessitent la réunion de plusieurs fermes, donc l'entente entre agriculteurs sur le tour de chacun : c'est là un écueil sérieux, et la pratique a montré jusqu'ici que les intéressés préfèrent être indépendants. Mais alors les intérêts, amortissements, etc... se répartissant sur un nombre d'hectares plus faible, font augmenter le prix de revient.

Au contraire, les tracteurs, qui ont une capacité beaucoup plus faible, se prêtent mieux à cet égoïsme inné contre lequel il faudra lutter longtemps encore. En outre, ils exigent une mise de fonds bien moins élevée et peuvent servir dans la ferme à une foule d'autres usages; ce sont pour ces raisons des concurrents dangereux, surtout lorsqu'on ne pourra avoir de l'énergie électrique à des prix suffisamment bas.

Ceci suffit à montrer que, si le labourage électrique a des avantages incontestables, ceux-ci ne sont pas encore tellement évidents a priori qu'il n'y ait pas lieu de les démontrer par une discussion serrée d'abord, par de nombreux essais ensuite.

Ach. Delamarre.

Digitized by Google

Les locomotives électriques du Chicago, Milwaukee & St-Paul Railway

La R. G. E. du 14 avril 1917 a donné, p. 577, une description des sous-stations de transformation du Chicago, Milwaukee and Saint-Paul Railway. Le lecteur trouvera ci-dessous une description détaillée des locomotives électriques employées sur ce réseau et qui sont parmi les plus puissantes locomotives construites jusqu'à ce jour. Elles ont de plus la particularité de fonctionner en courant continu à 3 000 v et d'être utilisées sur une ligne difficile, la plus longue de toutes les lignes électrifiées jusqu'ici.

Le tracé suivi par les voies de Chicago, Milwaukee and Saint-Paul Railway dans la partie montagneuse de son réseau, surmontant les obstacles offerts par le Rocky, présente divers problèmes difficiles dont la solution est particulièrement intéressante. La ligne présente des pentes de grande longueur ainsi que des courbes de faibles rayons. La zone électrifiée a une longueur de 710 kilomètres environ. La première locomotive électrique fut mise en service en décembre 1915, le service électrique fut progressivement étendu aux diverses sections électrifiées et, au commencement de l'année en cours, on considère comme très prochain l'application intégrale de la traction électrique entre Harlowton et Montana.

Ce travail constitue la plus importante électrification actuelle, tant au point de vue de la longueur qu'à celui du poïds des charges remorquées.

Le service des voyageurs est assuré par deux trains à voitures en acier l'Olympian et le Columbian et un train local dans chaque sens entre Deer Lodge et Harlowton.

La plus grande partie du trafic est constituée par le transport des marchandises. Les trains sont remorqués par des locomotives électriques dont les principales caractéristiques sont les suivantes :

Largeur de la voie	1,425 m.
Type de service	A marchandises.
Tension d'alimentation	Courant continu 3000 v.
Disposition des roues	4-4—4—4—4—4

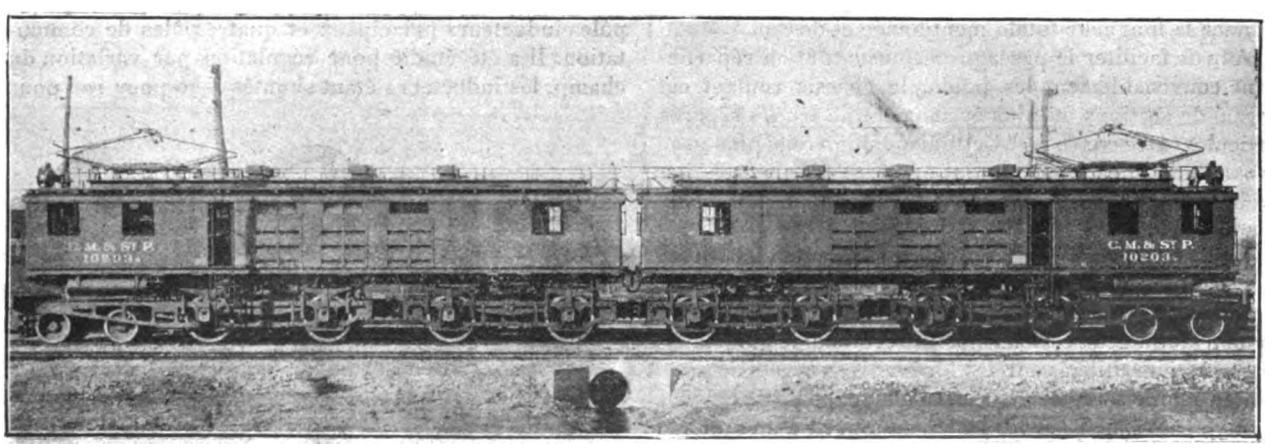


Fig. 1. — Vue d'ensemble d'une locomotive à deux unités du Chicago, Milwaukee and Saint-Paul Ry.

Effort de traction maximum	60 000 kg environ.
Effort de traction continu	32 000 kg environ.
Longueur totale	34,14 m.
Empattement total	31,30 m.
Largeur totale	3,05 m.
Hauteur trolley abaissé	5,07 m.
Empattement rigide, roues motrices	3,20 m.
Empattement rigide, roues des trucks guides	1,83 m.
Diamètre des roues motrices	1,32 m.
Diamètre des roues des trucks guides	0,91 m.
Dimensions des fusées des essieux moteurs	0,20 m. × 0,36 m.
Dimensions des fusées des essieux des trucks guides	0,16 m. × 0,30 m.
Poids total de la locomotive	261 001 kg environ.
Poids sur les essieux moteurs	204 000 Id.
Poids par essieu moteur	25 500 Id.
Poids suspendu par essieu moteur	18 200 Id.
Poids mort par essieu moteur	7 300 Id.
Poids sur les trucks guides	57 000 Id.
Poids par essieu guide	14 300 Id.
Poids suspendu par essieu guide	12 350 Id.

Digitized by Google

Poids mort par essieu guide ...	1 950 kg environ.
Effort de traction maximum en pour 100 du poids sur les roues motrices	30 pour 100
Effort de traction continu en pour 100 du poids sur les roues motrices	16 pour 100
Effort de freinage normal en pour 100 du poids sur les roues motrices	89 pour 100
Effort de freinage normal en pour 100 du poids total.....	69 pour 100

En raison du tonnage à remorquer, on a doté la loco-

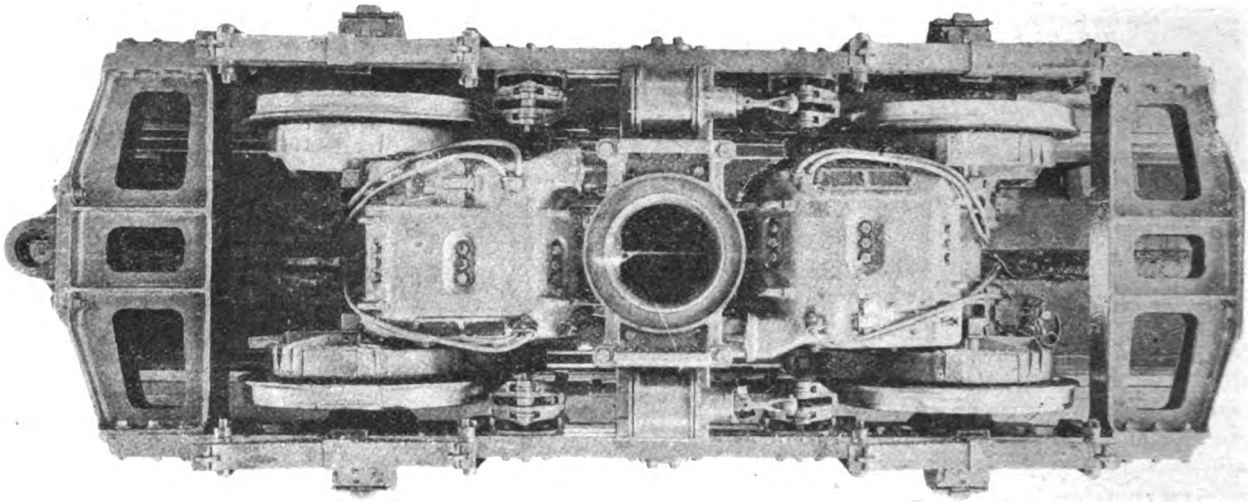


Fig. 2. — Truck moteur à deux essieux.

motive de huit moteurs de traction, ce qui a conduit à lui donner la longueur totale mentionnée ci-dessus.

Afin de faciliter le passage en courbe tout en répartissant convenablement les poids, le châssis roulant est formé de sections ou plus exactement de trucks séparés articulés entre eux (fig. 1). Cette disposition rend plus aisée l'installation des moteurs tout en rendant la ventilation facile. Chaque truck extrême possède un bogie-guide à deux essieux.

La locomotive comprend donc deux unités motrices, la caisse de chacune d'elles étant montée sur deux trucks, l'un symétrique à deux essieux moteurs, (fig. 2), l'autre dissymétrique à deux essieux moteurs et un bogie guide, analogue à ceux utilisés sur les locomotives à vapeur, avec boîtes à huile à l'intérieur des roues. Le poids de la locomotive est réparti sur les roues au moyen d'un système d'équilibrage composé de ressorts à lames et à boudins. Les centres des roues sont en acier coulé et possèdent douze bras. Le moyeu comporte une portée spéciale destinée à recevoir l'engrenage.

Les moteurs utilisés sur ces locomotives sont du type GE. 253 (fig. 3), d'une capacité unihoraire de 452 ch. La capacité continue de ces moteurs est de 396 ch pour une température d'induit de 100° C et d'inducteurs de 120° C. Les moteurs sont bobinés pour 1 500 v et, par suite, fonctionnent par deux en série sous 3 000 v. Ils sont prévus pour ventilation forcée, le débit par moteur correspondant à la puissance continue étant d'environ 70 m³ : min.

Le poids du moteur complet comprenant les engrenages élastiques, les pignons, le carter, les coussinets d'essieu, est de 6 750 kg. Ce moteur comporte quatre pôles inducteurs principaux et quatre pôles de commutation. Il a été étudié pour régulation par variation du champ, les inducteurs étant shuntés à 50 pour 100 pour

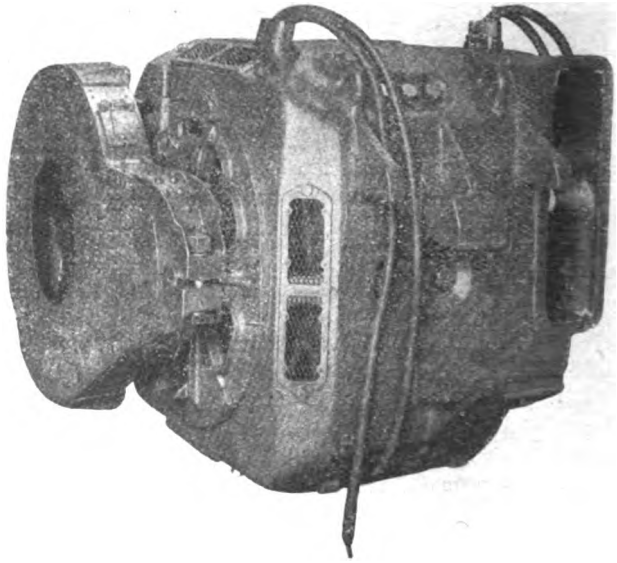


Fig. 3. — Moteur de traction GE 253 A.

la marche à pleine vitesse. L'armature a 49 encoches avec 7 bobines par encoches et le collecteur 343 lames; les bobines ne comportent qu'un tour. Le diamètre du corps de l'induit (fig. 4) est de 749 mm; les bobines d'in-

Digitized by Google

duit sont isolées au mica et à l'asbeste. La vitesse correspondant à la capacité unihoraire est de 446 t : min. Chaque moteur a quatre lignes de balais, chacune comprenant deux balais de $17,5 \times 44,5$ mm².

Les bobines inductrices sont constituées par du ruban

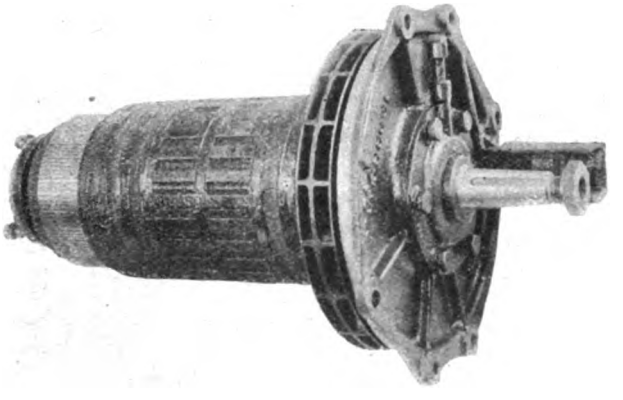


Fig. 4. — Induit et joue palier d'un moteur de traction GE 253 A.

de cuivre et isolées à l'asbeste et au mica. Les bobines des pôles de commutation sont d'une composition analogue. On évite de soumettre les bobines inductrices

principales à la tension totale en connectant les armatures des deux moteurs en série, puis les circuits inducteurs de ces deux moteurs en série du côté terre.

Il convient de remarquer que le croisillon d'induit et le collecteur sont montés sur un manchon, ce qui facilite le remplacement de l'arbre du moteur. Chaque moteur attaque l'essieu correspondant par l'intermédiaire de deux pignons et de deux engrenages ayant une largeur de denture de 10 mm. Le rapport de transformation est de 18/82 pour les locomotives à marchandises et de 29/71 pour les locomotives à voyageurs. Le pignon et l'engrenage sont en acier traité à l'huile ayant une résistance limite d'élasticité de 60 kg : mm².

L'alimentation en énergie électrique de ces locomotives est effectuée au moyen d'une ligne aérienne à double fil sur laquelle le courant est capté par deux pantographes à deux plateaux de contact. Ces pantographes sont manœuvrés à distance au moyen de l'air comprimé. L'élévation du pantographe est obtenue par l'air et son abaissement par des ressorts. Au cas de manque d'air et par suite de l'impossibilité en résultant de lever les pantographes, on a prévu une perche de prise de courant de secours permettant d'alimenter les compresseurs pour renouveler la provision d'air comprimé. Chaque demi-locomotive est munie d'un pantographe, les deux appareils correspondant à une locomotive étant con-

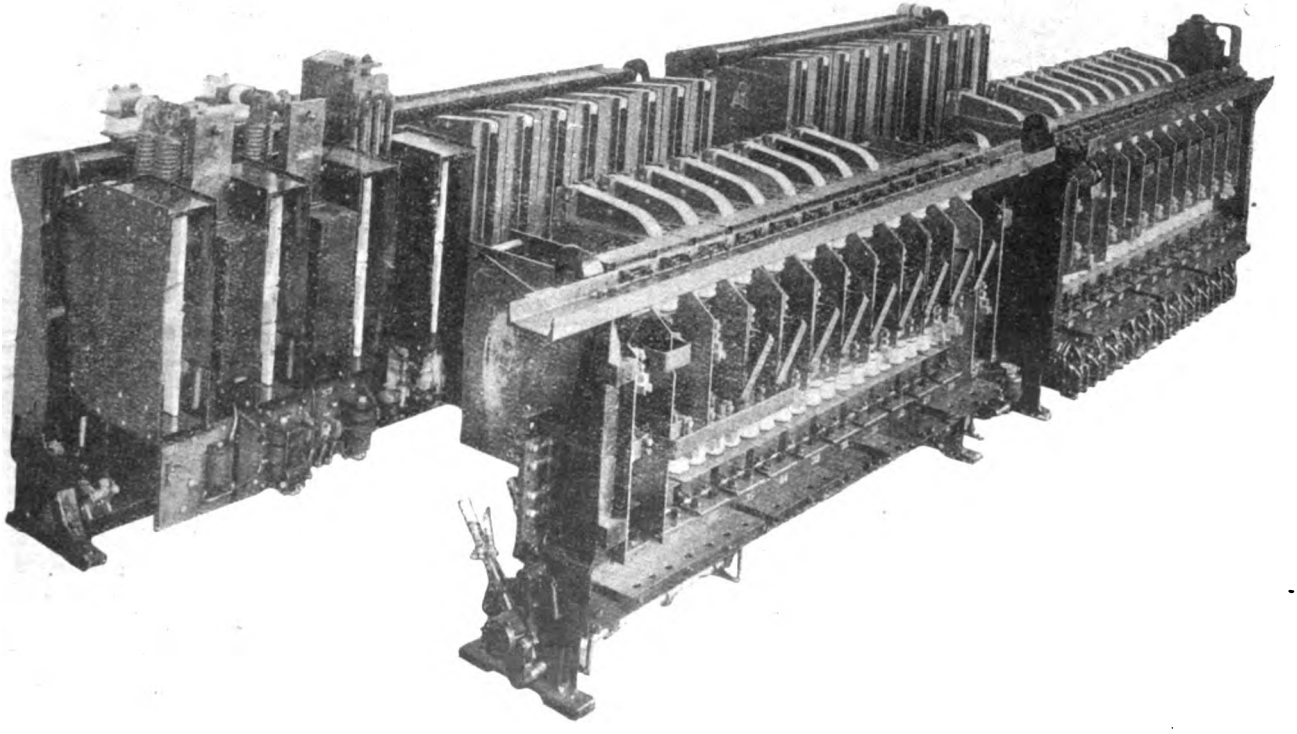


Fig. 5. — Groupes de contacteurs.

nectés entre eux en parallèle au moyen d'un câble installé sur la toiture.

Le courant, capté par les pantographes, se divise en deux circuits principaux : le circuit traction proprement dit ; le circuit des appareils auxiliaires. Chacun de ces circuits est protégé par un interrupteur et un fusible combinés, disposés dans une caisse en acier munie de portes enclanchées avec l'interrupteur. La protection

Digitized by Google

contre la foudre est assurée par un parafoudre à éléments en aluminium placé dans une boîte en tôle d'acier située derrière le compartiment à haute tension.

L'équipement électrique proprement dit comprend, par locomotive, huit moteurs de traction, deux compresseurs d'air, deux circuits de chauffage des cabines de conduite, deux moteurs d'entraînement des groupes moteurs générateurs. L'appareillage à 3 000 v est disposé symétriquement dans les deux unités constituant la loco-

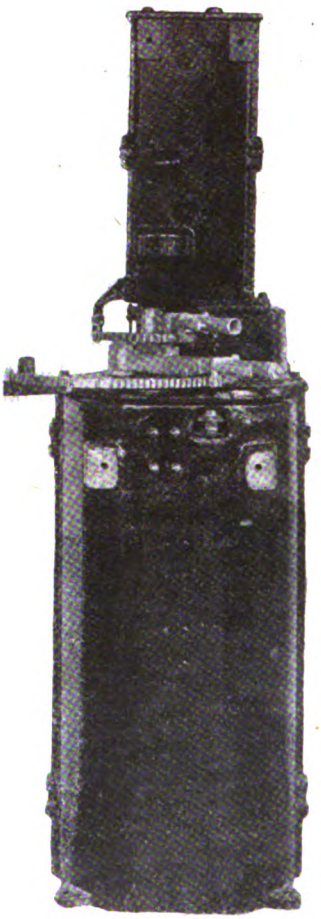


Fig. 6. — Manipulateur de commande.

motive qui fonctionnent d'une façon absolument indépendante.

Les résistances utilisées dans la régulation des 4 moteurs de traction de chaque unité sont du type à grilles et montées sur des isolateurs prévus pour une tension de 3 000 v. La ventilation des jeux de résistance est assurée par six cheminées d'appel. Les contacteurs (fig. 5), qui réalisent les diverses connexions de démarrage et de marche, sont répartis en 4 groupes ayant chacun les attributions suivantes :

Groupe 1 : interrupteurs de ligne — démarrage du groupe moteur générateur et du compresseur — circuits de chauffage — translation pour freinage par récupération.

Groupe 2 : résistances de démarrage.

Groupe 3 : relais de surcharge et contacteurs correspondants.

Groupe 4 : groupement des moteurs et mise hors circuit d'un moteur avarié.

Ainsi que cela a déjà été dit, les moteurs sont groupés en deux séries de deux moteurs. Le manipulateur (fig. 6) comprend 17 crans de marche en série et 12 crans de marche en parallèle avec un 13e cran de marche en parallèle avec shuntage des inducteurs pour augmenter la vitesse des trains.

La figure 7 donne le schéma général des connexions des circuits de puissance de l'équipement. On peut remar-

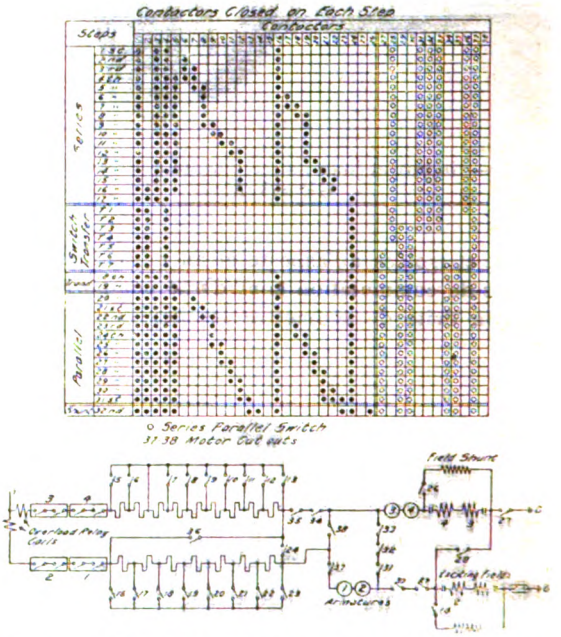


Fig. 7. — Schéma simplifié des circuits de puissance.

Contactors closed on each step = contacteurs fermés sur chaque cran ; steps = crans ; series = marche en série ; switch transfer = crans de passage ; transf = transition ; parallel = marche parallèle ; shunt = shuntage ; 9 series parallel switch = contacteur série parallèle ; 37-38 motor cut outs = mise hors circuit des moteurs ; overload relay coils = bobines des relais de surcharge ; armatures = induits ; field shunts = shunts des inducteurs ; exciting field = enroulements inducteurs.

quer que les moteurs sont reliés par paires de deux en série. Chaque paire de moteurs peut, au cas d'avarie de l'un d'eux, être isolée du circuit au moyen de poignées que l'on peut distinguer sur la figure .

Par suite du grand nombre de touches du contrôleur, on obtient une accélération constante et un démarrage très progressif. Les essais au dynamomètre ont montré que l'effort de traction à la barre d'attelage pouvait être rendu pratiquement constant. Ces expériences, répétées avec des conditions atmosphériques diverses, ont donné entière satisfaction. En outre, le passage série-parallèle se fait sans choc et sans chute appréciable de l'effort de traction.

Les circuits de commande des divers appareils sont

Digitized by Google

alimentés à la tension de 125 v. Tandis que les contacteurs doivent être isolés pour 3 000 v, les inverseurs et

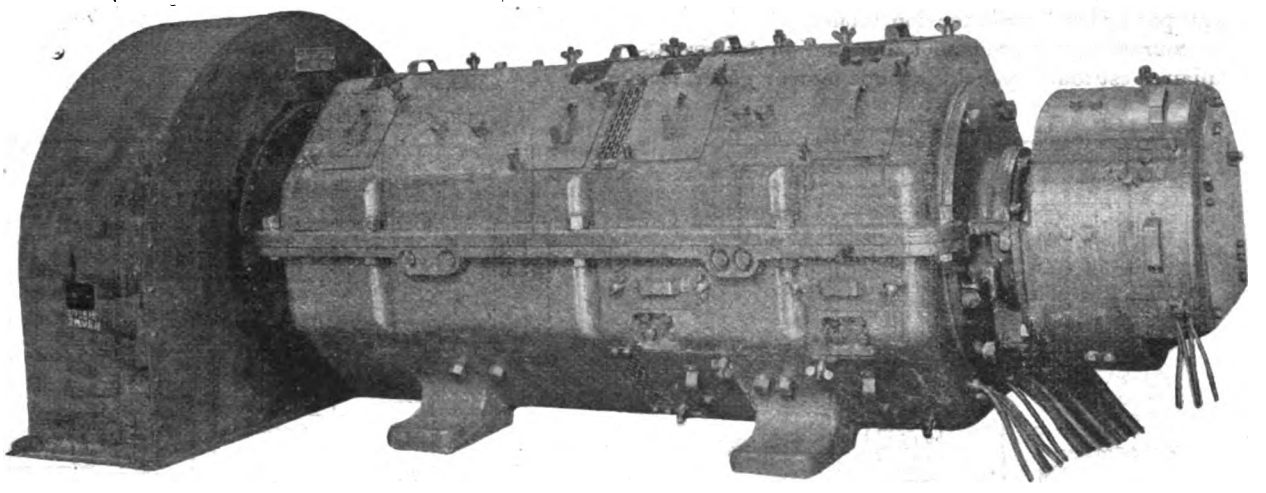


Fig. 8 — Groupe moteur générateur.

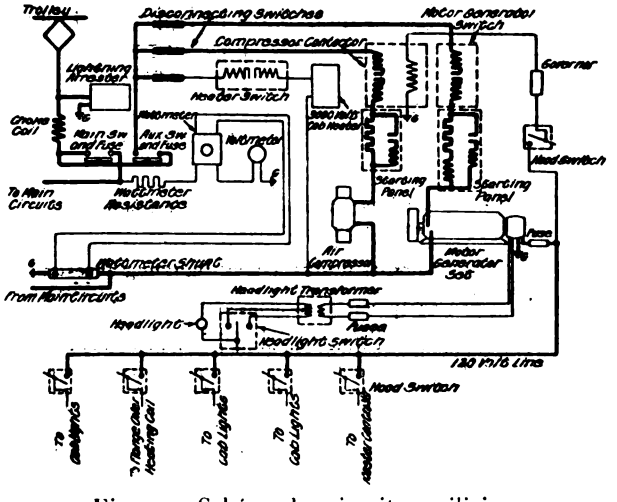


Fig. 9. — Schéma des circuits auxiliaires.

Trolley = trolley; disconnecting switches = sectionneurs; lightning arrester = parafoudre; main sw. and fuse = interrupteur principal et fusible; choke coil = bobine de self; to main circuits = aux circuits principaux; compressor contactor = contacteur du compresseur; heater switch = interrupteur des chaufferettes; wattmeter = wattmètre; aux. sw. and fuse = interrupteur des circuits auxiliaires et fusible; voltmeter = voltmètre; wattmeter shunt = shunt du wattmètre; 3 000 volts cab heater = chaufferette à 3 000 v de la cabine; starting panel = tableau de démarrage; air compresser = compresseur d'air; headlight transformer = transformateur du fanal; headlight = fanal; headlight switch = interrupteur du fanal; fuses = fusibles; motor generator switch = interrupteur du moteur générateur; governor = régulateur de pression; hood switch = interrupteur protégé; motor generator set = groupe moteur générateur; 120 volt line = ligne à 120 v; to cab lights = aux circuits d'éclairage de la cabine; to flange oiler heating coil = aux bobines de chauffage de l'huile pour graissage des bandages; to master controller = au manipulateur.

shunteurs ne nécessitent qu'un isolement moindre, les circuits inducteurs des moteurs étant branchés du côté terre.

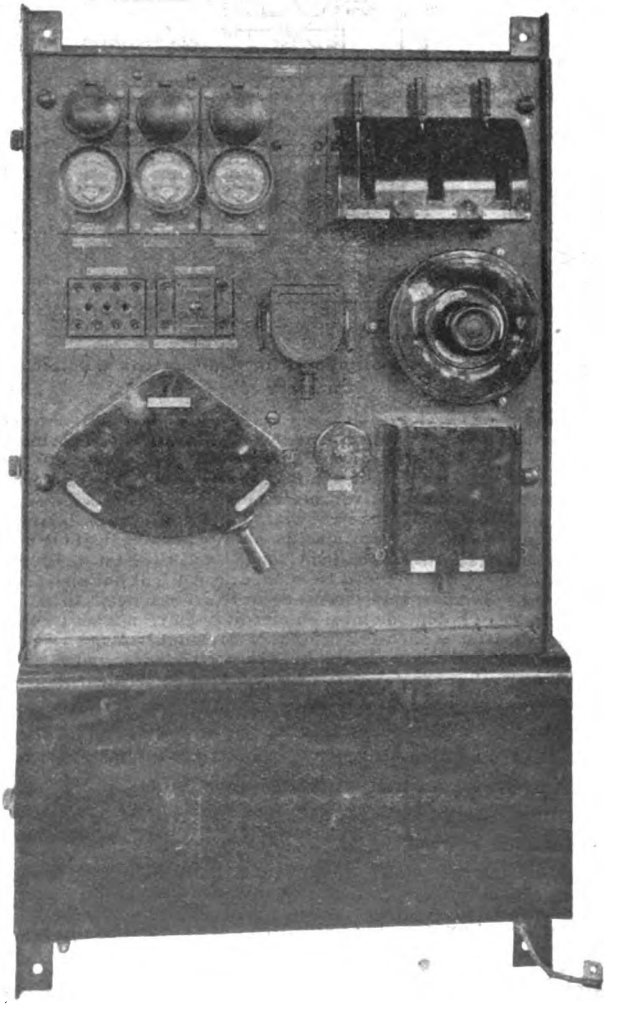


Fig. 10. — Tableau de charge des batteries.

Digitized by Google

L'inverseur et le coupleur série-parallèle sont commandés par un même servo-moteur au moyen d'un arbre à cames. Les shunts et appareils analogues ne sont également pas isolés pour la tension totale.

Le courant nécessaire pour l'alimentation des circuits auxiliaires est fourni par un groupe moteur générateur

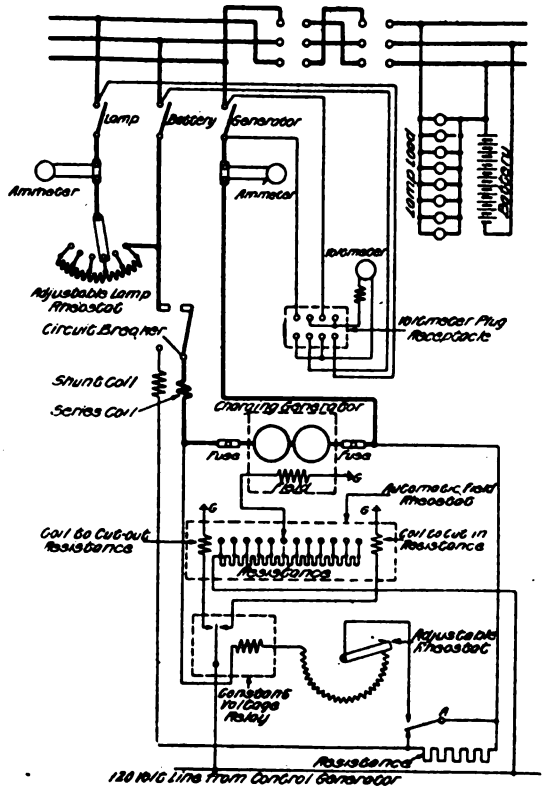


Fig. 11. — Schéma d'alimentation des circuits d'éclairage du train.

Lamp = lampe; battery = batterie; generator = générateur; ammeter = ampèremètre; adjustable lamp rheostat = rhéostat de réglage des lampes; circuit breaker = interrupteur automatique; shunt coil = bobine shunt; séries coil = bobine série; voltmeter = voltmètre; voltmeter plug receptacle = commutateur à fiche pour voltmètre; lamp load = circuit de lampes; charging generator = groupe de charge; fuse = fusible; field = inducteurs; automatic field rheostat = rhéostat de champ automatique; resistance = résistance; coil to cut out resistance = bobine de mise hors circuit de la résistance; coil to cut in resistance = bobine de mise en circuit de la résistance; adjustable rheostat = rhéostat réglable; constant voltage relay = relais à tension constante; resistance = résistance; 120 volt line from control generator = ligne à 120 v du générateur de commande.

(fig. 8). Ce groupe comprend, calés sur le même arbre, un ventilateur, un moteur alimenté directement par le courant du trolley à 3 000 v, une excitatrice et une petite génératrice à 125 v.

Le ventilateur sert à la ventilation des moteurs de traction, ce qui a pour effet d'en augmenter la capacité unihoraire; l'excitatrice est utilisée dans le freinage avec récupération pour surexciter les inducteurs des moteurs; la petite génératrice alimente les circuits de commande (fig. 9), les manipulateurs, les circuits d'éclairage intérieur, le fanal, etc.

Le groupe est commandé par un interrupteur à main, disposé de façon à protéger l'opérateur.

Le fanal est éclairé par une lampe de 750 w sous 34 v

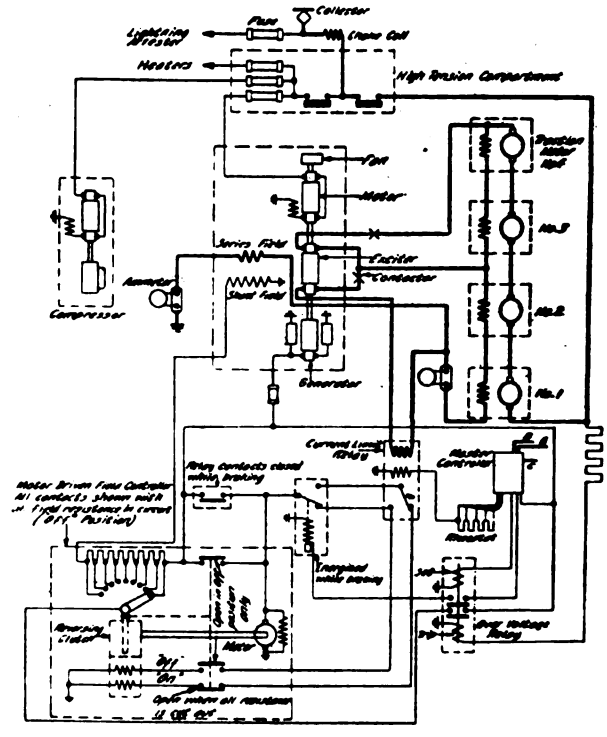


Fig. 12. — Schéma général pour le freinage avec récupération.

Collector = prise de courant; fuse = fusible; lightning arrester = parafoudre; heaters = chaufferettes; choke coil = bobine de self; high tension compartment = compartiment à haute tension; compressor = compresseur; ammeter = ampèremètre; series field = inducteurs séries; shunt field = inducteurs shunt; motor driven field controller, all contact shown with all field resistance in circuit (« off » position) = régulateur de champ à servo-moteur avec la totalité de la résistance en circuit (position « circuit ouvert »); reversing clutch = embrayage double de changement de marche; « off » = ouvert; « on » = fermé; relay contacts closed while braking = contacts fermés pendant le freinage; open in off position only = contact ouvert dans la position « circuit ouvert » seulement; open when all resistance is cut out = ouvert lorsque toute la résistance est hors circuit; energized while braking = excité pendant le freinage; fan = ventilateur; motor = moteur; exciter = excitatrice; contactor = contacteur; generator = générateur; current limit relay = relais de surcharge; traction motor n° = moteur de traction n°; master controller = manipulateur de commande; rheostat = rhéostat; over voltage relay = relais de tension; trip = relais; set = groupe.

alimentée en courant alternatif, prélevé sur la génératrice à 125 v au moyen de deux bagues et transformé par un petit transformateur statique. Ce fanal comprend un réflecteur principal, destiné à l'éclairage dans le sens de la marche, et latéralement deux plaques indicatrices lumineuses portant les marques et numéros de la locomotive.

L'éclairage du train est alimenté par des batteries d'accumulateurs placées dans chaque voiture et chargées par l'excitatrice faisant partie du groupe moteur générateur. Un commutateur électropneumatique branche cette

Digitized by Google

excitatrice, soit sur le circuit d'éclairage, soit sur celui de freinage. Un panneau de distribution (fig. 10) permet de suivre la charge des batteries. La figure 11 représente le schéma d'alimentation des circuits d'éclairage du train.

Le chauffage de la cabine de la locomotive est assuré par appareil à résistances avec circulation d'air par ventilateur auxiliaire.

L'air comprimé est fourni par un compresseur entraîné par un moteur à 3 000 v commandé par un contacteur à double soufflage magnétique actionné par un régulateur de pression. Il est capable de débiter 4 m³ : m à la pression de 9 kg : cm².

Ainsi que cela a été dit plus haut, ces locomotives sont munies du freinage électrique avec récupération, ce qui augmente les conditions de sécurité et aide au freinage d'air. La récupération et, par suite, le freinage avec des moteurs à courant continu, dépend de ce que la tension aux bornes de ces moteurs est supérieure ou inférieure à celle de la ligne d'alimentation. En marche, la tension aux bornes des moteurs est inférieure à celle d'alimentation; pendant le freinage, au contraire, la tension aux bornes des moteurs est supérieure à la tension d'alimentation. La variation de la tension aux bornes des moteurs pendant le freinage est obtenue à l'aide de l'excitatrice faisant partie du groupe moteur générateur mentionné plus haut.

L'effort dû au freinage électrique décroissant lorsque la vitesse de la locomotive diminue, il en résulte que ces machines peuvent descendre des pentes à une vitesse pratiquement constante, presque sans manœuvres de la part du mécanicien.

Le manipulateur commandant le freinage est distinct de celui de marche et monté sur la même carcasse. Trois poignées servent à la commande de l'équipement, la première A sert à la marche, la deuxième B, au freinage et la troisième C commande la marche avant ou arrière de la locomotive (fig. 12).

Depuis leur mise en service, ces locomotives ont donné toute satisfaction et, par suite de la configuration accidentée de la région, la traction électrique a procuré des avantages très nets sur la traction à vapeur au point de vue de la régularité du trafic, la facilité de conduite et d'exploitation, l'économie, etc.

P. S.

Revues, analyses et informations

La revision des prescriptions fédérales suisses concernant la construction des lignes électriques (1).

Jusqu'en 1898, il n'existait en Suisse aucune règle administrative relative à la construction des lignes. A la suite d'accidents graves, le Conseil fédéral suisse a édicté, en 1898, des prescriptions sur l'établissement et l'entretien des lignes.

Ces prescriptions, modifiées en 1899, n'étaient pas très sévères pour les lignes télégraphiques et téléphoniques. Des portées en alignement étaient tolérées jusqu'à 60 m et la charge des poteaux pouvait aller : jusqu'à 30 fils de 1,5 mm sur poteau simple ; jusqu'à 200 fils de 1,5 mm sur un poteau double ; jusqu'à 300 fils de 1,5 mm sur poteau triple. Entre chevalets sur toit, on admettait des portées de 100 m et les constructions en fer devaient offrir une sécurité minimum de 1 à la rupture ou au renversement en admettant que tous les fils se rompissent d'un seul côté. La tension des fils ne devait pas dépasser le 1/3 de la charge de rupture à — 20°C, en tenant compte du poids propre du fil et de son allongement.

Pour les lignes à courant fort les prescriptions étaient les suivantes :

La portée devait être inférieure ou au plus égale à 50 m pour une section totale de fils de cuivre de 100 mm², à 45 m pour les sections de 100 à 200 mm² et à 40 m pour les lignes de plus de 200 mm². Les poteaux devaient présenter, dans le sens de la ligne, une sécurité de 1 à la rupture en admettant que tous les fils fussent rompus d'un seul côté et en tenant compte de l'effort du vent sur les poteaux. La tension maximum des fils ne devait pas dépasser 1/5 de la charge de rupture à — 20°C en tenant compte de leur propre poids.

Les prescriptions de 1908 ont étendu les règles précédentes aux lignes à faible courant. Ces prescriptions ont élevé de vives critiques. La commission des télégraphes et téléphones, récemment constituée, a demandé la revision des articles 28 et 30 de ces prescriptions relatifs aux lignes à courant faible, l'auteur est d'avis que les articles 19, 29 et 33 devraient être aussi modifiés, nous allons reproduire ci-dessous les textes de ces articles :

« Art. 19. — La flèche des fils doit être telle qu'aux températures les plus basses de l'endroit, et en tenant compte de leur poids propre seulement, la sécurité à la rupture soit au moins égale à 3.

« Art. 28. — Tous les supports doivent être assez forts pour résister, dans les conditions de sécurité à la rupture indiquée à l'article 29, à la pression du vent, agissant dans le sens le plus défavorable et à l'effort maximum dû aux fils.

« Les hypothèses de l'article 29 doivent servir de base au calcul. »

« Art. 29. — Les calculs de résistance des supports doivent être basés sur les hypothèses suivantes :

« 1. *a*) La ligne se trouve en état normal de service, et la pression du vent agit dans le sens le plus défavorable. La tension du fil atteint le 1/3 de leur résistance à la rupture.

« *b*) Les supports sont soumis non pas à la traction bilatérale normale, mais à une traction unilatérale comportant encore, après leur flexion, 5 pour 100 de la traction des fils définie en *a*), et, en outre, la pression du vent agit dans le sens le plus défavorable.

« 2. La pression du vent doit être admise à 100 kg : m²

(1) A. Pillonel, *Bulletin de l'Association suisse des Electriciens*, mars 1917, t. VIII, p. 73-96, 9 000 mots.

Digitized by Google

de surface frappée normalement; pour les surfaces cylindriques, on ne comptera comme largeur que les 7/10 du diamètre. Pour le calcul des efforts dus à la pression du vent sur les fils de ligne, ceux-ci doivent être considérés comme rigides.

« 3. Le poids spécifique du béton doit être admis au maximum à 2,2; celui du bois, au maximum 0,75

« 4. Dans les hypothèses faites sous lettre *a*) et dans celles faites sous lettre *b*), chiffre 1er, les supports en bois doivent avoir un coefficient de sécurité à la rupture d'au moins 4, ceux en fer d'au moins 3.

« 5. Pour le calcul des supports en béton armé, la limite admissible du travail du béton à la compression est de 35 kg : cm², et celle du travail du fer à la tension de 1000 kg : cm².

« 6. Le rapport du coefficient d'élasticité du fer à celui du béton doit être admis à 15 au maximum.

« La résistance des supports en béton armé peut aussi être démontrée par une épreuve de charge; cette épreuve doit faire ressortir le coefficient de sécurité à la rupture à 3 au moins. Dans les cas douteux, des épreuves de charge peuvent être exigées par les services du contrôle.

« Art. 30. — En alignement, la portée des lignes aériennes sur poteaux en bois ne doit pas dépasser les chiffres ci-après :

« Lignes jusqu'à 100 mm² de section totale des fils : portée, 50 m.

« Lignes de 100 à 200 mm² de section totale des fils : portée, 45 m.

« Lignes de plus de 200 mm² de section totale des fils : portée, 40 m.

« De part et d'autre des angles et en cas de notables différences de niveau des points d'appui, comme aussi dans les contrées où il faut s'attendre à de fortes chutes de neige et à des tempêtes violentes, les portées doivent être réduites suivant l'importance des efforts ou bien les poteaux doivent être renforcés en conséquence.

« De plus grandes portées ne peuvent être admises qu'exceptionnellement, par exemple au passage des rivières, de ravins profonds, etc., où il n'est pas possible d'observer les limites ci-dessus.

« Art. 33. — Tous les supports en fer et en bois doivent être calculés dès le début pour le nombre maximum des fils, c'est-à-dire pour la charge maximum. Lorsque celle-ci est atteinte, il est défendu de fixer d'autres fils aux supports, même provisoirement. »

Les prescriptions pour les lignes à fort courant sont à peu près les mêmes, sauf que la tension maxima des fils ne doit pas dépasser 1/5 de la charge de rupture.

a) *Longueur de la portée.* — Théoriquement, la longueur de la portée dépend de la résistance mécanique du fil tendu dans cette portée et de l'effort maximum auquel est soumis le conducteur. Cet effort maximum est provoqué par la neige et le givre. Connaissant la surcharge maxima par mètre de fil et la résistance mécanique de celui-ci et s'imposant un certain coefficient de sécurité, on peut déterminer la portée pour chaque espèce et diamètre de conducteur. Le *nombre* des conducteurs n'intervient que pour le calcul des *appuis*. Au point de vue économique, on a intérêt, lorsqu'on a affaire à des lignes dont le nombre des fils croît constamment, à diminuer la portée théorique pour éviter un doublement des appuis. Un règlement administratif ne considère pas les conditions économiques, il ne doit tenir compte que des conditions mécaniques nécessaires pour assurer la sécurité du public et du personnel, et il semble que les prescriptions de 1899 et de 1908 autorisant des portées de 100 m pour des fils de bronze de 1,5 mm ne sont pas suffisantes. D'autre part, ces prescriptions imposant des portées maxima de 40 à 50 m pour les gros fils des lignes industrielles, exigent des dépenses excessives; d'ailleurs, le Conseil fédéral suisse a autorisé pour de telles lignes des portées de 120 à 150 m sauf dans les traversées de routes, chemins de fer, lignes électriques, etc...

Le département fédéral des postes et chemins de fer a chargé la direction générale des télégraphes suisses et l'Association suisse des Electriciens d'étudier les surcharges de givre et de neige. La formule de l'auteur, M. Pillonel, permettra de donner les portées maxima pour les différents fils ordinairement utilisés; cette formule est :

$$a_c = \sqrt{24 \frac{\varepsilon}{s} \frac{T_0^3}{p'^2}} \qquad (1)$$

où a_c est la portée critique en mètres;
ε le coefficient d'élasticité du fil;
T'_0 la traction maxima tolérée en kilogramme;
s la section du fil en millimètre carré;
p' le poids total du fil y compris la surcharge par mètre courant en kilogramme.

Si : σ_{max} est le maximum de la tension horizontale par millimètre carré;
E le module d'élasticité;
et rapportant le poids p' à l'unité de section.

M. le Dr Kœstler a transformé la formule précédente sous la forme :

$$a_c = 2 \frac{\sigma_{max}}{p'_{max}} \sqrt{6 \frac{\sigma_{max}}{E}}. \qquad (1')$$

Ces formules proviennent de l'équation simplifiée :

$$T_0^3 + T_0^2 \left(\frac{a^2 p'^2}{24 T_0'^2 \frac{\varepsilon}{s}} - T'_0 \right) = \frac{a^2 p^2}{24 \frac{\varepsilon}{s}}.$$

L'équation exacte serait :

$$T_0^3 + T_0^2 \left(\frac{a^2 p'^2}{\frac{\varepsilon}{s}(24 T'_0 + a^2 p^2)} - T'_0 \right) = \frac{a^2 p^2 T_0^2}{\frac{\varepsilon}{s}(24 T_0^2 + a^2 p^2)} \qquad (2)$$

qui donnerait pour a_c la valeur :

$$a_c = 2 \frac{\sigma_{max}}{p'_{max}} \sqrt{6 \frac{\sigma_{max}}{E - \sigma_{max}}}. \qquad (1'')$$

Mais on peut prendre la formule (1') qui donne une partie un peu plus faible et par suite une sécurité plus grande.

L'auteur propose donc de modifier le chiffre 1 de l'article 30 en fixant la portée maxima en alignement droit d'après la valeur de la portée critique a_c donnée par la formule (1').

b) *Tension de pose du fil.* — (Article 19 des prescriptions). — Les prescriptions de 1908 n'ont pas modifié celles de 1898: la tension de pose maxima admise est trop élevée de plus, la pose se fait souvent sans contrôle, il en est résulté des ruptures en cas de surcharge.

La tension de pose doit satisfaire à deux conditions opposées. Dans les courtes portées c'est l'effet du froid qui prédomine, dans les longues portées c'est la surcharge. La variation élastique par refroidissement est donnée par la formule

$$T_0^3 - T_0^2 \left[T'_0 - \frac{\delta s}{\varepsilon}(t - t') - \frac{p^2}{24 \frac{\varepsilon}{s}} \cdot \frac{a^2}{T_0^2} \right] = \frac{a^2 p^2}{24 \frac{\varepsilon}{s}} \qquad (3)$$

Digitized by Google

et la variation de tension par surcharge par :

$$T_0^3 + T_0^2\left(\frac{a^2}{T'^2_0}\cdot\frac{p'^2}{24\frac{\varepsilon}{s}} - T'_0\right) = \frac{a^2p^2}{24\frac{\varepsilon}{s}} \qquad (3)$$

T' est la tension maxima du fil, T_0 la tension horizontale cherchée, ε le coefficient d'élasticité du fil, s sa section en millimètre carré, δ le coefficient de dilatation linéaire, a la portée, p le poids propre du fil, p' le poids total y compris la surcharge, $(t-t')$ la différence de température en degrés.

Si nous voulons déterminer la portée pour laquelle les actions de la surcharge et du froid sont égales, en égalant (2) et (3) et résolvant par rapport à a, désignant par a_1 la portée cherchée on trouve :

$$\delta(t-t') = \frac{a^2}{24T'^2_0}(p'^2 - p^2)$$

$$a_1 = 2T'_0\sqrt{6\delta\frac{(t-t')}{p'^2-p^2}}. \qquad (4)$$

Mais, si on applique cette formule avec un coefficient de sécurité de 5, on trouve une portée très faible et il faudrait encore donner une flèche exagérée. Il est bon, pour utiliser rationnellement la matière, d'apporter une limite de travail du métal égale au coefficient d'élasticité. Le terme en T_0^3 disparait dans l'équation (a) et l'on a :

$$T_0^3 = \frac{(apT'_0)^2s}{\varepsilon(24T'^2_0 + a^2p^2)} \quad \text{et} \quad T_0 = \sqrt[3]{\frac{(apT'_0)^2s}{\varepsilon(24T'^2_0 + a^2p^2)}}$$

en posant $\sigma = \frac{T_0}{s}$ et $\sigma_{max} = \frac{T'_0}{s}$, D étant la densité du fil et E le module d'élasticité du métal en kg : mm², on a :

$$\sigma = \sqrt[3]{\frac{(aD\sigma_{max})^2E}{24\times10^6\sigma^2_{max} + (aD)^2}}. \qquad (5)$$

On peut encore envisager le coefficient de sécurité comme le rapport $\frac{\sigma_{max}}{\sigma} = c$, on a alors en négligeant le terme $(aD)^2$ dans (5) :

$$c = \frac{100\,\sigma_{max}}{\sqrt[3]{\frac{(aD)^2E}{24}}} \qquad (6)$$

pour une portée a' on aurait :

$$c' = \frac{100\,\sigma_{max}}{\sqrt[3]{\frac{(a'D)^2E}{24}}} \qquad (7)$$

d'où en divisant membre à membre :

$$\frac{a'^2}{a^2} = \frac{c^3}{c'^3}.$$

Donc pour un même fil le cube des coefficients de sécurité est inversement proportionnel au carré de la portée ; il en découle qu'on ne peut pas adopter un même coefficient de sécurité pour tous ces fils, on ne peut donc que fixer une traction maxima pour la plus grande surcharge constatée.

Au contraire, on peut fixer un coefficient de sécurité contre les contractions dues au froid.

On ne peut ici considérer la limite d'élasticité comme limite de travail car on a affaire à des efforts statiques permanents — le froid pouvant durer longtemps — qui sont dangereux pour la ligne entière. On aura donc intérêt à augmenter le coefficient de sécurité, on obtiendra ce résultat en augmentant la flèche et par suite la portée, ce qui constituera une économie appréciable.

D'après quelques exemples numériques donnés par l'auteur, le coefficient de sécurité pour des fils de faible diamètre et de portées jusqu'à 50 m peut s'élever à 10,5, à 0°C sans que la flèche soit dangereuse, il s'abaisse à 7,5 à — 20°C. Pour les gros fils et les grandes portées le coefficient de sécurité doit être plus faible, la flèche devenant trop forte.

De là l'auteur conclut que l'article 19 des prescriptions devait être ainsi conçu :

Pour les fils il est admis :

1° Une traction n'excédant pas la limite d'élasticité quand le fil est surchargé à 0°C, la plus grande valeur de la surcharge étant déterminée par des essais périodiques ordonnés par les offices de contrôle, ou bien :

2° Une tension n'excédant pas le 1/5 de la charge de rupture des fils à 20°C.

La tension se détermine d'après la flèche ; pour mesurer cette flèche on peut employer la méthode des vibrations transversales. On a d'après l'auteur

$$f = \frac{1,226}{\left(\frac{n}{t}\right)^2} \text{ mètres.}$$

f est la flèche en mètres, n le nombre de vibrations simples, t le nombre de secondes qu'ont duré les n vibrations.

c) *Calcul des appuis.* — Nous avons donné au début de cette analyse les prescriptions suisses de 1898 et de 1908. Nous allons examiner l'article 29 des prescriptions sur les lignes à faible courant. Il établit une distinction précise entre le *régime normal d'exploitation de la ligne* et *l'accident.*

ÉTAT D'EXPLOITATION. — L'article 29 ne tient aucun compte des surcharges qui, comme la neige et le givre, ont occasionné de nombreux accidents dans les pays à climat continental. Ces surcharges peuvent atteindre 1 kg par mètre courant, ce qui augmente considérablement la charge des poteaux. Il serait donc bon d'en tenir compte, surtout si on remarque qu'elles sont tout au moins aussi fréquentes qu'une pression de vent de 100 kg/m². Il est vrai que l'article 30 cité p. 870 en tient compte implicitement en limitant les portées, mais cela est trop vague.

Il convient de signaler une autre anomalie des prescriptions. Elles fixent la traction maxima des fils à faible courant au 1/3 de la charge de rupture à — 20°C et, pour les lignes à fort courant à 1/5 de la charge de rupture dans les mêmes conditions. Ceci est illogique. En effet, les lignes à faible courant étant de diamètre plus faible que les lignes à fort courant, leurs chances de rupture sont plus grandes et leur coefficient de sécurité ne doit donc pas être inférieur.

Il serait logique d'utiliser les appuis dans les mêmes conditions que les conducteurs.

Nous avons vu que les fils surchargés atteignent la limite d'élasticité, il devrait en être de même pour la matière des supports. La limite de travail du bois serait portée à 1/2 de la charge de rupture au lieu de 1/3, chiffre fixé par les prescriptions de 1908, mais l'élévation de la limite du travail du bois ne correspond pas à l'augmentation du travail des

Digitized by Google

fils. L'auteur montre qu'en opérant ainsi on obtiendrait un rapport de sécurité de 1 1/4 au lieu de 1 obtenu actuellement, ce qui augmenterait la sécurité.

Considérons maintenant les efforts accidentels provoqués par le vent ou les surcharges. Les prescriptions actuelles laissent de côté les surcharges et ne tiennent compte que d'un vent de 100 kg : m². Il est certain que, ce vent correspondant à une tempête violente, il n'y aura pas de surcharge par un tel temps. Mais pour les fils de faible diamètre, dans le cas d'un vent normal, ce sont les surcharges qui l'emportent beaucoup. Pour les gros fils, au contraire, l'action du vent sur les poteaux et les fils peut devenir prédominante, il serait donc bon d'envisager les deux cas.

En cas de grande surcharge des fils, les poteaux sont soumis à un effort de compression avec *flambage*. Les conducteurs exercent alors une tension considérable de chaque côté de l'appui qui est comme maintenu en place. On devra donc considérer celui-ci comme encastré à une extrémité et demi-libre à l'autre, ce qui revient à utiliser la formule d'Euler :

$$P = \frac{\pi^2}{\frac{4}{2}} \cdot \frac{EI_m}{l^2} \frac{1}{K} = \frac{\pi^2}{2} \cdot \frac{EI_m}{l^2} \frac{1}{K} \qquad (8)$$

où P est la charge provoquant la rupture du poteau ; E le coefficient d'élasticité, I le plus petit moment d'inertie équatorial $\left(\text{pour une section circulaire } I = \frac{\pi d^4}{64}\right)$ l, la longueur libre, et K le coefficient de sécurité.

De plus, l'auteur pense, dans un autre ordre d'idées que le coefficient de réduction de la pression du vent sur les surfaces circulaires, actuellement fixé empiriquement à 7/10, pourrait être modifié et pris égal à 5/10, par exemple, comme l'a fait l'Association des Électriciens allemands.

L'auteur résume en proposant, pour l'établissement des supports en régime normal, le nouveau texte suivant pour l'article 29.

Art. 29. — 1. En état normal d'exploitation de la ligne, les appuis doivent résister, la charge admissible ne devant pas excéder la limite d'élasticité, aux efforts résultant des circonstances ci-après :

a) *En cas de vent, à la pression horizontale de 100 kg : m² de surface plane ou 79 kg : m² de section longitudinale des pièces à section circulaire, exercée dans le sens le plus défavorable à la ligne à la température de 20° C ; la tension des fils atteint le 1/5 de la charge de rupture, ou bien :*

b) *En cas de surcharge, à la pression verticale de celle-ci, la surcharge maxima étant déterminée par les offices de contrôle d'après des essais faits périodiquement ; la tension des fils atteint leur limite d'élasticité.*

Pour le calcul des efforts dus à la pression du vent sur les fils, ceux-ci doivent être considérés comme rigides La pression qu'ils subissent est de 50 kg : m² de section droite.

Les parties de supports soumises à la compression doivent offrir une sécurité de 1 au flambage si, d'après la formule de Tetmayer

$$\lambda = \frac{l}{r} = \frac{\text{longueur libre en cm}}{\text{rayon de giration}}$$

est inférieure à 105 pour le fer profilé, à 90 pour l'acier, à 80 pour la fonte et à 100 pour le bois sec. Si λ est supérieur aux valeurs indiquées ci-dessus, la charge sera calculée suivant la formule d'Euler :

$$P = \pi^2 \cdot \frac{E I_{min}}{l^2}.$$

On doit prendre pour E les valeurs suivantes se rapportant au cm².

Fer forgé	2 000 000
Fer fondu	2 150 000
Acier	2 250 000
Fonte	1 000 000
Bois sec	100 000

2° Hypothèse d'une rupture de ligne — Nous avons signalé au début de cette analyse p. 869 quelles étaient les prescriptions suisses de 1899 relativement aux lignes à faible et à fort courant, aucune différence n'était établie entre les lignes à haute ou à basse tension et on aboutissait, en appliquant strictement les prescriptions, à une sécurité par trop superflue et onéreuse.

Les prescriptions de 1908 traitèrent sur le même pied les lignes à faible et à fort courant, elles réduisirent la traction unilatérale à 5 pour 100 de la limite de travail admise pour les fils. Cette limite était fixée au 1/3 de la charge de rupture pour les lignes à faible courant et au 1/5 pour les lignes à fort courant, d'où avantage marqué pour ces dernières. La traction unilatérale que l'auteur appelle *traction unilatérale résiduelle* devait être composée avec l'effort d'un vent de 100 kg : m².

Il faut se rendre compte que la traction unilatérale produit, si le premier poteau n'est pas haubanné ou contre-fiché, une flexion plane qui se répartit sur 5 ou 6 appuis consécutifs à partir du point de rupture, la traction des fils ne s'abaisse donc pas autant que l'admettent les prescriptions de 1908.

Le rapport de la traction unilatérale résiduelle à la tension primitive dans chaque portée est donnée par la formule de Colard :

$$T_n = T\left[1 - \left(1 + \frac{\varepsilon a}{2nK} - \sqrt{\frac{\varepsilon a}{nK} + \frac{\varepsilon^2 a^2}{4n^2K^2}}\right)^n\right] \qquad (9)$$

où : T_n est la tension cherchée dans la $n^{ème}$ portée ; T la tension unilatérale primitive, ε l'allongement en mètres d'un mètre de fil par kilogramme de traction (ε pour le bronze $= 78 \times 10^{-6}$, et pour le cuivre dur : 83×10^{-6}) : a la portée ; K la flèche prise par le poteau pour 1 kg de traction ; le tout exprimé en kilogramme et centimètre. Pour la première portée après la rupture on fait $n = 1$.

L'auteur donne quelques exemples qui prouvent que la tension résiduelle augmente avec la portée et diminue avec la longueur des supports, qu'elle est plus importante que ne le disent les prescriptions de 1908. Il signale que les nouvelles normes allemandes (Normalien für Freileitungen des Verbandes Deutscher Electrotechniker) se sont plus ou moins inspirées des prescriptions suisses de 1908, elles en diffèrent en faisant une distinction entre les supports qu'elles classent en : supports de passage, supports d'angle, supports d'arrêt et supports de tête de ligne.

En France, les règlements administratifs classent les lignes aériennes en deux catégories : la première est relative aux lignes à basse tension, la seconde aux lignes à haute tension. On ne tient compte de la traction unilatérale que dans le cas des lignes de tramways.

Quelques considérations sur l'hypothèse de rupture. — Une rupture de ligne présente toujours de graves inconvénients mais pas toujours le même danger. Il est certain qu'un accident sur une ligne à haute tension est beaucoup plus dangereux pour le public qu'un accident sur une ligne

Digitized by Google

à basse tension. Surtout si la ligne à haute tension est montée sur des pylônes métalliques.

Si on voulait assurer à chaque appui la solidité nécessaire pour résister à une rupture de la partie adjacente, il faudrait faire des dépenses inadmissibles.

L'administration suisse des Postes et Télégraphes assure ses lignes contre une rupture éventuelle en plaçant des *supports d'arrêt* tous les kilomètres ou tous les 10 supports si la ligne est plus importante.

Causes de l'accident et moyens préventifs pour les supprimer. — L'auteur classe les causes de rupture en trois catégories générales :

1° Défauts, usure ou détérioration naturelle du matériel de ligne ;

2° Chutes de corps étrangers sur la ligne, tels que arbres, pierres, rochers, avalanches, etc. ;

3° Excès d'efforts provoqués par les éléments atmosphériques (surcharges et vent), actes de malveillance.

Première catégorie : un défaut peut échapper au moment de la réception et de la pose, mais, en général, il n'affecte qu'un seul fil d'une portée et la rupture de ce fil n'entraînera pas celle des autres. L'usure et la détérioration naturelle qui affectent surtout les poteaux ne doivent pas se produire si l'entretien est rigoureux et périodique.

Deuxième catégorie : ces accidents seront évités en choisissant convenablement le tracé de la ligne. L'auteur montre qu'en cas de rupture par choc, si les supports de la ligne sont en état de supporter le 40 pour 100 de la charge de rupture, l'accident se limite à la rupture des fils ; si les appuis ne peuvent résister qu'à une traction résiduelle unilatérale égale au 60 pour 100 de la tension de pose maxima, soit aux 60 pour 100 du 1/5 de la charge de rupture, l'accident est limité à la rupture des fils et à la chute des 2 poteaux entre lesquels cette rupture s'est produite. Comme il serait trop onéreux de construire tous les appuis de façon à limiter l'accident à une rupture de fils, on se contentera d'établir des *supports d'arrêt* extrêmement solides, encadrant la partie dangereuse, dont la sécurité sera supérieure à 2 et qui arrêteront la propagation de l'accident. Comme il peut se faire qu'une avarie se produise en des endroits non prévus, il est bon de prévoir des *supports renforcés*, de distance en distance, résistant aux 60 pour 100 du 1/5 de la charge de rupture et qui limiteront le renversement des appuis.

Troisième catégorie : les nouvelles prescriptions exigeront qu'on tienne compte, pour le régime d'exploitation normale de toutes les surcharges possibles avec leurs plus grandes valeurs constatées. On assurera cependant complètement la sécurité en plaçant tous les 300 à 400 m. pour les lignes de transport d'énergie sur des pylônes métalliques, des pylônes renforcés ; pour les lignes à faible courant, on pourra se contenter d'en placer un tous les kilomètres.

La neige qui tombe vers 0° C est seule dangereuse car elle s'accumule sur les fils ; celle qui tombe à quelques degrés au-dessous de 0° C n'est pas dangereuse car elle ne se fixe pas à la ligne. On n'a pas à tenir compte à la fois du vent et de la neige, un vent même peu violent détruisant les dépôts de neige.

Le givre, le grésil et la glace constituent des surcharges plus tenaces que la neige mais moins dangereuses que la neige molle ; ils ne sont à considérer que pour les lignes en montagne. Leur formation étant assez lente, on a généralement le temps de les faire tomber à l'aide de perches avant que leur dépôt ne devienne suffisant pour constituer une surcharge dangereuse pour la ligne.

La pression de vent de 100 kg : m² admise jusqu'ici en Suisse a donné de bons résultats. Pour des fils de diamètre inférieur ou égal à 8 mm, la surcharge du vent est bien moindre que celle de la neige. Mais il y a lieu de considérer le cas où un appui vient à tomber.

Soient :

p'_1 la surcharge y compris le poids du fil ;
a la portée ;
p le poids propre du fil ;
T'_0 la traction maximum ;
T_0 la tension de pose ;
ε le coefficient d'élasticité du fil ;
s la section du fil.

On a :

$$p'_1 = T'_0 \sqrt{24 \frac{\varepsilon}{s} \cdot \frac{1}{a^2} (T_0 - T'_0) + \frac{p^2}{T_0^2}}$$

pour une portée $2a$, la tension du fil restant la même on a également :

$$p'_2 = T'_0 \sqrt{24 \frac{\varepsilon}{s} \cdot \frac{1}{4a^2} (T'_0 - T_0) + \frac{p^2}{T_0^2}}$$

en élevant au carré, faisant le rapport et simplifiant on trouve :

$$p'_2 = 1/2\, p'_1$$

donc en doublant la portée, le fil ne supporte plus que la moitié de la surcharge. Il sera donc bon de prévoir des supports renforcés pour plus de sécurité et de surveiller attentivement et périodiquement les poteaux.

Limite de travail des supports d'arrêt et des supports tête de ligne. — Si l'on veut assurer une sécurité complète, il est bon de déterminer les supports suivant le service qu'ils auront à remplir en régime d'exploitation normale. Les supports de passage et de tête de ligne doivent en particulier être prévus pour toutes les surcharges possibles. En raison de l'importance des supports tête de ligne, il est bon de les assimiler aux supports d'arrêt.

L'auteur donne la classification suivante des supports :

ESPÈCES DE SUPPORTS	EFFORTS A SUPPORTER
1. Supports tête de ligne et supports d'arrêt.	Vent de 100 kg : m² + traction unilatérale égale à la charge de rupture des fils.
2. Supports renforcés.	Vent de 100 kg : cm² + traction unilatérale égale au 1,5 de la charge de rupture.
3. Supports de passage.	Charges permanentes.

Les nouvelles « normes » allemandes déterminent comme il suit les coefficients de sécurité : « La charge pratique pour les constructions en fer ne doivent pas excéder en cas de compression ou de flexion, 1 500 kg : cm² (tension normale), en cas de cisaillement, 1 200 kg : cm² pour les rivets et 750 kg : cm² pour les boulons et pour la pression de frottement le double des valeurs ci-dessus ». En outre, elles limitent la charge pratique à 110 kg : cm² pour le bois non imprégné particulièrement résistant, et à 80 kg : cm² pour les autres bois. Ces valeurs sont un peu inférieures à la limite d'élasticité et donnent un coefficient de sécurité de 2 à 3 pour le fer et de 4 pour le bois.

L'auteur conclut ce qui précède en proposant le texte suivant pour la deuxième partie de l'article 29 des prescriptions suisses :

ART. 29. — 2. *Pour assurer la ligne contre une rupture il y a lieu de prévoir l'utilisation :*

Digitized by Google

a) *De supports d'arrêt à tous les passages dangereux de la ligne, aux traversées de chemins de fer, de routes à circulation très intense et dans les portées inévitables d'une longueur supérieure au maximum prévu à l'article 30, chiffre a.*

b) *De supports renforcés à raison d'un support par demi-kilomètre au maximum pour les lignes à fort courant ou d'un support par kilomètre au maximum pour les lignes à faible courant.*

Les supports tête de ligne sont considérés comme des supports d'arrêt.

Les supports d'arrêt doivent résister à une tension unilatérale égale à la charge de rupture des fils et en outre à la pression du vent de 100 kg : m² de surface plane dans le sens le plus défavorable à la ligne. Cette pression est réduite de moitié pour les fils et d'un tiers pour les poteaux en bois et montants ou pièces tubulaires.

La charge pratique admissible ne devra pas excéder 110 kg : cm² pour le bois imprégné ou le bois résistant non imprégné (mélèzes, chataigniers, etc).

Pour le fer, la charge pratique maximum est fixée à :

1 500 kg : cm² (tension normale) en cas de traction, de compression ou de flexion ;

1 200 kg : cm² pour les rivets, en cas de cisaillement ;

750 kg : cm² pour les boulons en cas de cisaillement.

On veillera à ce que les pièces comprimées résistent également au flambage.

Art 33. — Cet article est à supprimer totalement, il prévoit que tous les supports en fer et en bois doivent être calculés pour le nombre maximum de fils. Or, la résistance des supports est déterminée par l'article 29, l'article 33 donne donc double emploi avec l'article 29.

Tous les efforts des techniciens doivent, d'après l'auteur, tendre vers le principe que la résistance d'un appui réponde à sa charge à un moment quelconque, et que toute augmentation de résistance ne s'obtienne que par l'addition de nouveaux matériaux sans procéder à aucune reconstruction ou transformation. Ce principe applicable, il est vrai, qu'aux poteaux en bois permettra de réaliser de sérieuses économies.

L'auteur termine en disant que les modifications qu'il propose et que nous venons de résumer, permettront, tout en assurant une sécurité suffisante, de réaliser de sérieuses économies dans la construction des lignes.

H. C.

Le client d'une station centrale a-t-il « toujours raison »? (1)

Les affaires des services publics ne sont plus considérées maintenant comme différentes des autres affaires. Le service qu'une station centrale vend, par exemple, est analogue à une marchandise, l'effet des conditions économiques sur les prix de revient et de vente, sur les bénéfices est le même. Les mêmes méthodes commerciales doivent donc être appliquées en général.

(1) Frank Wert. *Electrical World*, 27 janvier 1917, t. LXIX, n° 4, p. 176 à 178.

Cependant à serrer de plus près la question, on trouve que le genre d'affaires d'une centrale électrique diffère de celui d'un commerçant ordinaire en trois points principaux : le client n'a pas, comme dans un magasin, la vision nette de ce qu'on lui vend : la seule transaction concrète est la présentation de la note longtemps après que le service a été insensiblement utilisé. Le client ne possède pas de mesure pratique comme un mètre ou une balance pour vérifier qu'il reçoit bien les quantités facturées. Enfin, il ne peut changer de fournisseur et ne se rend pas compte que son intérêt est encore mieux sauvegardé par la surveillance des commissions des services publics que par la libre concurrence. Le client d'un service public ne considère donc pas, en général, la Compagnie distributrice comme un marchand ordinaire et se laisse aller parfois à son détriment à des pratiques qu'en d'autres cas il qualifierait lui-même d'escroqueries.

Dans ces conditions, la centrale de Youngstoron (Ohio) a jugé utile de créer un organe chargé de renseigner ses abonnés, de recevoir ses questions ou ses plaintes, de tirer au clair les malentendus. Ce service nouveau fut appelé « Bureau des accommodements » plutôt que « Bureau des réclamations », le sens de l'appel aux clients étant : « Venez causer avec nous et voyons ensemble si nous ne pouvons pas découvrir ce qui ne va pas. » La question se posait alors de savoir jusqu'à quel point devait être appliqué le précepte commercial que le client a « toujours raison ». Un and expérience permet de répondre que « le client a toujours raison jusqu'à ce qu'on lui ait prouvé le contraire ». C'est là le principe à adopter dans le cas présent. La grande majorité des clients étaient absolument de bonne foi et se sont déclarés satisfaits des explications qui leur ont été données. La moitié environ des réclamations purent ainsi être solutionnées directement par le bureau des accomodements sans qu'il soit besoin d'en référer aux autres services.

La plupart des cas se rapportaient à la somme due à la Compagnie, le client incriminant où l'exactitude du compteur, ou la lecture du contrôleur. Un seul plaignant, d'ailleurs, sur 746, émit la crainte que sa note ne fût trop faible. « En entendant l'histoire de cet homme, ajoute l'auteur, notre chef de bureau le prit dans ses bras et pleura dans son sein ». Des explications détaillées ont été données ainsi qu'une brochure pour mettre les consommateurs à même de lire eux-mêmes leur compteur. Toutes les demandes ont été examinées avec attention, quelle que soit l'importance de la somme en jeu. Les cas douteux ont été résolus toujours en faveur du client, qu'il s'agisse de dégrèvement ou d'escompte pour payement dans un certain délai. Aussi certains abonnés qui venaient là dans l'intention de « combattre pour leurs droits » ont-ils perdu leur attitude belliqueuse et consenti à discuter la question comme une affaire ordinaire.

En résumé, le bureau des accomodements fondé dans l'idée que les réclamants sont persuadés de leur droit, et dans l'esprit de la phrase de l'ex-président Taft : « On ne peut convaincre un homme en basant ses arguments sur la supposition que c'est un sot » a rendu à la Compagnie de grands services en aplanissant les différends et en gagnant la confiance des consommateurs.

M. B.

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

Assemblées générales

Energie électrique du Sud-Ouest.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 4 MAI 1917.

La production d'énergie des usines de la Société a subi une très forte augmentation pendant l'exercice en raison des demandes croissantes des industries nombreuses travaillant pour la Défense nationale dans la région de Bordeaux.

Il a pu y être fait face grâce à une utilisation plus complète des disponibilités hydrauliques et à un fonctionnement plus intensif de l'usine thermique de Tuilière : cette usine à vapeur, installée principalement pour fonctionner seulement pendant les crues de périodes d'étiage, a dû être mise en service chaque jour et elle a fourni des quantités d'énergie de plus en plus importantes par suite de la mise en route, en mars 1915, d'un nouveau groupe de 10000 kw. Aussi la pleine utilisation des disponibilités hydrauliques de Tuilière jointe à la hausse des charbons et à l'augmentation croissante des demandes d'énergie produite à la vapeur font-elles pour la Société une nécessité urgente de construire rapidement une des usines hydrauliques étudiées sur la Dordogne en amont de Tuilière. La chute de Mauzac qui utilise un barrage existant, et pour l'aménagement de laquelle la Société vient d'obtenir les autorisations administratives nécessaires, doit être mise en valeur en premier lieu, et elle pourra être équipée avec 6 groupes de 2200 ch chacun. La seconde, située entre Mauzac et Tuilière, pourra être installée ultérieurement et recevoir 6 groupes de 3300 ch chacun. Une assemblée générale extraordinaire doit être convoquée incessamment pour prendre connaissance du programme de travaux relatifs à cette première usine de Mauzac et donner au conseil des pouvoirs nécessaires à leur exécution.

Les recettes d'exploitation de l'Energie électrique du Sud-Ouest, en progression très marquée de 2762037 fr, ont atteint 6833593 fr. Les dépenses d'exploitation, il est vrai, se sont accrues parallèlement de 2308511 fr et ont été pour l'exercice de 3785245 fr. Le produit d'exploitation ressort ainsi à 3053348 fr en augmentation de 453525 fr, soit 17 pour 100.

Le coefficient d'exploitation est passé de 0,33, moyenne des années précédentes, à 0,553 par suite de la hausse des charbons.

Le produit de l'exercice obtenu, en déduisant du montant du produit d'exploitation les frais d'administration et les charges afférentes aux actions et obligations, est de 2026057 fr.

Sur ce produit ont été prélevées diverses sommes s'élevant à 384135 fr pour amortissement d'obligations, amortissements de matériel et de mobilier et provision pour régularisation des frais de marche à la vapeur.

Le bénéfice net de l'exercice ressort ainsi à 1641921 fr, auquel il convient d'ajouter le solde disponible de l'exercice précédent de 45140 fr; il a permis de distribuer un dividende de 6 pour 100 aux 48000 actions, de porter à 100000 fr la réserve extraordinaire pour reconstitution du capital et de reporter à nouveau 36983 fr.

Signalons également que la progression des recettes a continué pendant l'exercice en cours et que celles-ci, au 30 avril 1917, étaient en augmentation de 1500000 fr sur la période correspondante du précédent exercice, alors qu'en 1916 l'augmentation pendant les quatre premiers mois avait été de 660000 fr seulement.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1916.

Actif.

	fr
Frais de constitution	1 »
Dépenses d'installation	44 312 766,06
Installations en location	44 643,55
Matériel en location	97 652,36
Mobilier et outillage	1 »
Approvisionnements	1 221 272,77
Caisse et banquiers	1 941 332,50
Factures à recouvrer	1 364 170,75
Débiteurs divers	762 428,99
Cautionnements et dépôts de garantie	9 404,65
Impôts sur titres à recouvrer	89 383,77
Participations	138 000 »
Comptes d'ordre et divers	48 925,60
	50 029 983 »

Passif.

	fr
Capital actions	24 000 000 »
Obligations 5 pour 100	13 626 800 »
Obligations 6 pour 100	7 600 000 »
Réserve légale	173 674,88
Réserve extraordinaire	32 000 »
Réserve d'amortissement	453 200 »
Provision pour régularisation des frais de marche à vapeur et grosses réparations	1 030 000 »
Créditeurs divers	332 496,39
Fournisseurs et entrepreneurs	401 227,59
Cautionnements et avances sur consommation	153 867,76
Coupons à payer et obligations à rembourser	536 100,90
Comptes d'ordre et divers	13 553,57
Profits et pertes	1 687 061,91
	50 029 983 »

Syndicat professionnel de l'industrie du gaz.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ANNUELLE DU 8 MARS.

L'assemblée générale annuelle du Syndicat professionnel de l'industrie du gaz s'est tenue le 8 mars dernier, dans les nouveaux locaux du Syndicat, sous la présidence de M. R. Masse, président de la Chambre syndicale.

Digitized by Google

M. Masse, en rendant compte des travaux de la Chambre syndicale pendant l'exercice 1916, a fait ressortir combien l'industrie du gaz avait été influencée par les événements de la guerre et leurs conséquences économiques. Dans ces circonstances difficiles, le Syndicat du gaz, dans ses relations vis-à-vis de ses adhérents et ses rapports avec les pouvoirs publics, a vu son rôle s'accroître d'une façon exceptionnelle et que justifiait l'importance des intérêts de la corporation. Aussi de nombreux membres, pénétrés de l'utilité croissante des rapports syndicaux, se sont-ils fait inscrire, pendant l'exercice, au Syndicat qui comprend actuellement des représentants de plus de 90 pour 100 des usines à gaz françaises et dont le nombre de ses adhérents atteint 270, effectif presque double de ce qu'il était au commencement de la guerre.

Sans entrer dans le détail des services que le Syndicat a rendu à ses adhérents, M. le Président a indiqué l'importance qu'avaient pris les travaux de documentation sous la forme d'envois de circulaires et documents annexés, de publication de notices spéciales, exemples de contrats et de conventions... indispensables aux négociations engagées ou à la poursuite juridique des revendications d'un grand nombre d'adhérents pour le relèvement des prix du gaz.

Les archives syndicales, à la suite des enquêtes ouvertes le plus souvent sur la demande d'un département ministériel, se sont enrichies d'un grand nombre de renseignements d'ensemble permettant des travaux statistiques qui auraient été fort difficiles à établir les années précédentes, faute de documents.

Les travaux de la Commission de contentieux ont également pris une ampleur considérable en raison des litiges nombreux, et qui sont dans toutes les mémoires, que l'exploitation des usines à gaz aura soulevés pendant la guerre.

M. le Président, dans son rapport, fait un exposé historique très complet de la question de relèvement des prix du gaz, rappelant tout d'abord l'arrêté classique du 30 mars 1916 du Conseil d'Etat, relatif à l'affaire du gaz de Bordeaux, qui a servi de bases aux justes réclamations des sociétés gazières et a permis d'obtenir des conventions amiables avec de nombreuses municipalités pour l'augmentation des prix de vente du gaz ; malgré l'opposition de certains maires qui ont obtenu, en particulier, la circulaire du ministre de l'Intérieur du 16 avril 1916, de nombreuses transactions de ce genre ont donné depuis à des sociétés concessionnaires le moyen de rétablir l'équilibre d'une exploitation souvent compromise. Sur cette question si importante des contrats conclus avant la guerre, le projet de loi Failliot apportait d'équitables solutions, M. le Président montre combien de récents amendements en ont altéré profondément le caractère.

Enfin, après le relèvement des prix du gaz, celle de l'approvisionnement des charbons a été la plus grave pour les sociétés gazières. En maintes circonstances les bureaux de la Chambre syndicale ont été vis-à-vis des ministères et de leurs services le porte-parole des réclamations de ses adhérents, sans que malgré ses efforts une amélioration bien réelle ni bien durable ait été obtenu. M. le Président en indique les causes bien connues, et, après avoir rappelé les services rendus pour la répartition des cokes par le Comité des cokes de France et avoir esquissé le régime de guerre actuellement établi pour la vente des sous-produits si nécessaires aux fabrications de guerre, il donne un large aperçu de l'avenir qu'il convient de prévoir et de préparer pour établir sur des bases stables l'industrie gazière autrefois si prospère en France et qui aura été si cruellement éprouvée par la guerre.

Société générale de forces motrices et d'éclairage de la ville de Grenoble.

Assemblée générale ordinaire du 26 avril 1917.

Les recettes de vente d'énergie de l'exercice se sont élevées à 485 911 fr et les recettes totales à 607 978 fr, en augmentation de 9 438 fr sur celles de l'année précédente. Le bénéfice de l'exercice ressort à 210 634 fr contre 204 229 fr pour 1915.

Le bénéfice de l'exercice et le report de l'année précédente font un total disponible de 246 965 fr sur lequel une somme de 10 531 fr a été attribuée à la réserve légale et 5 000 fr au compte de réserve pour renouvellement de matériel. Les actions de priorité ont reçu un dividende de 6 pour 100 pour l'exercice écoulé et un dividende supplémentaire de 4,75 pour 100 pour solde des intérêts arriérés des dividendes 1911 et 1912.

Il a été reporté à nouveau 5 683 fr.

Bilan au 31 décembre 1916.

Actif.

	fr
Entreprise d'éclairage de la ville de Grenoble....	723 165,99
En caisse.....	1 386,60
En banque.....	113 191,78
Abonnés et débiteurs divers.....	192 194,71
Ville de Grenoble (somme avancée à la ville)....	1 973 168,54
Terrains de chutes.....	304 541,40
Immeubles industriels.....	300 148,60
Installations hydrauliques.....	2 003 713,64
Usine de Pont-Haut.....	471 951,23
Petit matériel et outillage.....	6 033,16
Lignes de transport d'énergie.....	306 695,69
Mobilier.....	2 353,35
Marchandises en magasin.....	378,75
Impôts sur actions.....	22 876,47
Valeurs souscrites par Bourgeat.....	22 000 »
Frais de constitution.....	277 619,33
Frais de premier établissement.....	719 439,18
Frais d'émission.....	263 485,45
Prime de remboursement des obligations.....	202 925 »
Frais de transformation.....	454 853,77
Réfection de la ligne du Livet.....	87 210,04
	8 449 332,68

Passif.

	fr
Actions de priorité.....	2 100 000 »
Actions ordinaires.....	1 375 000 »
Obligations en circulation.....	4 058 500 »
Créanciers.....	91 820,74
Coupons à payer.....	177 115,96
Obligations à rembourser.....	64 050 »
Provision pour reconstitution du capital d'emprunt.....	192 633,22
Réserve légale.....	73 118,94
Réserve spéciale.....	70 128,96
Profits et pertes :	
Report de l'exercice 1915.....	36 330,66
Bénéfices de l'exercice 1916.....	210 634,90
	8 449 332,68

Digitized by Google

SECTION DE LÉGISLATION

L'abonné d'un secteur doit-il consommer au moins un minimum et l'énergie consommée par une lanterne cinématographique doit-elle être considérée comme de la lumière ou de la force motrice ?

La Cour d'Appel de Paris vient d'avoir à statuer sur deux jugements du tribunal de Commerce l'un du 17 décembre 1912 et l'autre du 22 juillet 1914. Nous donnons plus loin in extenso les arrêts prononcés par la Cour d'Appel, audience du 25 avril 1917, sous la présidence de M. Saint-Aubin.

Nous allons d'abord rappeler rapidement les causes de ces deux procès. En 1909 s'est constituée une société anonyme au capital de 300 000 fr, l'Universel Cinéma, qui a repris l'exploitation d'un établissement de cinématographie situé boulevard Bonne-Nouvelle et qui était précédemment exploité par un sieur Neuhoff ; l'Universel Cinéma a repris en même temps la suite de la police d'abonnement à l'électricité de M. Neuhoff. Cette police avait été modifiée une première fois en 1907 à l'époque du changement du régime de l'électricité dans Paris. Puis une seconde fois elle subit une modification de forme lors du transfert de la police de M. Neuhoff à l'Universel Cinéma. Au bout d'un certain temps d'exploitation, l'Universel Cinéma trouvant que ses dépenses de courant, payé alors 0,07 fr l'hectowatt-heure, étaient excessives, résolut de fabriquer lui-même le courant qui était nécessaire à sa consommation. Il établit dans ses sous-sols une petite usine génératrice et obtint un prix de revient de l'hectowatt-heure qui était inférieur au prix de l'hectowatt-heure acheté à la Compagnie continentale Edison, qui à cette époque distribuait l'énergie électrique dans le quartier de Paris où s'était établi l'Universel Cinéma. La quantité d'énergie produite par la petite centrale dépassant les besoins de l'Universel Cinéma, celui-ci vendit le surplus d'énergie à ceux des ses voisins qui étaient dans le même îlot de maisons. C'était son droit, les Compagnies de distribution d'électricité n'ayant que le monopole de la traversée des voies publiques.

Or l'Universel Cinéma ayant omis de résilier son abonnement, la police de 1907 fut renouvelée pour trois ans le 24 janvier 1910 par tacite reconduction.

Sur ce, l'Universel Cinéma reçut, le 8 novembre 1911, une lettre de la Compagnie continentale Edison lui réclamant une somme de 3 646,30 fr, prix de l'énergie non consommée. La Compagnie continentale Edison s'appuyait, pour faire cette réclamation, sur ce que le minimum de consommation annuelle fixée par le contrat étant de 80 000 hw-h, et la consommation de l'Universel Cinéma ayant été de 27 910 hw-h, ce dernier devait payer le prix de 52 090 hw-h restant, soit, à 7 centimes l'hw-h, la somme de 3 646,30 fr. L'Universel Cinéma, croyant à une erreur, ne fit pas attention à cette lettre ; le 13 mars 1912, il reçut une seconde lettre de la Compagnie continentale Edison réclamant, dans les mêmes conditions, la somme de 2 350,15 fr s'appliquant à la période suivante. Comme il avait laissé cette deuxième lettre également sans réponse, il reçut le 19 novembre 1912, une assignation devant le Tribunal de commerce qui, le 17 décembre, rendait son jugement, déclarant fondée la réclamation de la Compagnie continentale Edison, condamnait l'Universel Cinéma à payer la somme correspondant au minimum de consommation annuelle de 80 000 hw-h. C'est à ce jugement que l'Universel Cinéma fit appel. Il soutint que le minimum de consommation n'était pas fixé dans son contrat et que, n'ayant pas consommé, il n'avait pas à payer. La Compagnie parisienne de Distribution d'Electricité (C. P. D. E), qui a succédé à la Compagnie continentale Edison, prétendait au contraire que ce minimum était fixé dans le contrat passé par la Compagnie continentale Edison avec le sieur Neuhoff et renouvelé par l'Universel Cinéma. De plus, la C. P. D. E. soutenait que la police concernant la distribution de l'électricité à un client était analogue à un abonnement de chemin de fer ou de théâtre, et que, par conséquent, le minimum fixé au contrat devait être intégralement payé, sans qu'elle ait à s'occuper si ce client avait consommé ce minimum.

Après plaidoirie de Me Javal pour l'Universel Cinéma (appelant) et la Chambre syndicale de la cinématographie (intervenante), et de Me Émile Strauss pour la Compagnie continentale Edison, en l'espèce la C. P. D. E. (intimée), la Cour d'appel a confirmé le premier jugement du Tribunal de commerce et condamné la Société l' « Universel Cinéma » et la Chambre syndicale de la cinématographie à l'amende et aux dépens de leur appel, et le Syndicat français des directeurs de cinématographie aux dépens de son intervention.

Voici ci-dessous l'arrêt de la Cour d'appel, prononcé à l'audience du 25 avril 1917 :

Digitized by Google

ARRÊT

La Cour,

Statuant sur l'appel interjeté par la Société l'Universel Cinéma, du jugement rendu par le Tribunal de commerce de la Seine le 17 décembre 1912;

Considérant que les termes de la police signée par la Société appelante le 26 janvier 1907 à la Société Edison, tels surtout qu'on les relève dans l'article premier, ne permettent aucun doute sur l'intention des parties ; qu'il en résulte que l'Universel Cinéma a pris l'engagement, durant trois années au moins, de garantir annuellement une consommation moyenne de 300 A-h par lampe de 10 bougies à la Société intimée, en échange de la fourniture de courant électrique que celle-ci s'obligeait à lui procurer moyennant un prix variable, suivant le nombre d'hectowatts-heure consommés ;

Que c'est donc ce minimum de dépense que l'Universel Cinéma doit faire ou, tout au moins, en verser le montant qui la représente ;

Considérant que, même en l'absence de stipulation formelle, cette condition serait présumée sous-entendue, car la Société Edison n'eût certainement pas accepté de s'obliger seule, ni de faire des travaux pour un abonné ayant la faculté de s'exonérer de toute redevance ;

Considérant que l'Universel Cinéma est mal fondé à prétendre que les premiers juges l'ont condamné à payer le montant d'une chose qui ne lui a point été fournie et qui n'est même pas offerte ;

Considérant qu'il ne s'agit pas d'une vente, mais d'un contrat d'abonnement forfaitaire, dans une certaine limite, dont le prix est exigible, qu'on ait ou non usé de la chose,

Considérant qu'il est possible que le jugement contienne quelques erreurs de calcul pour les hectowatts, mais ce sont là des rectifications faciles à opérer que la Société Edison se déclare prête à accepter;

Considérant que l'Universel Cinéma entend réduire le montant des restitutions qu'il réclame à la Société intimée à la compensation avec les sommes que lui demande ladite Compagnie.

Par ces motifs, et ceux des premiers juges qui sont adoptés :

Déclare recevable, en la forme, mais mal fondé l'appel de l'Universel Cinéma ;

Confirme le jugement entrepris et y ajoutant : Donne acte à l'appelante de ce qu'elle entend réduire sa demande en restitution dans les termes ci-dessus ;

Ordonne qu'ainsi complété, ledit jugement sortira son plein effet pour être exécuté selon sa forme et sa teneur;

Rejette, en conséquence, comme mal fondées toutes conclusions contraires de l'appelante, l'en démet ; la condamne à l'amende et aux dépens de son appel.

*
* *

Si le premier jugement intéresse tous les abonnés d'un secteur, la seconde question dont nous allons examiner les causes soulevait un problème assez délicat.

L'énergie électrique actionnant la lanterne de projection d'un appareil cinématographique doit-elle être considérée comme éclairage ou comme force motrice.

D'après les nouveaux cahiers des charges de 1907, les Compagnies de distribution d'électricité sont obligées de fournir le courant à tous les consommateurs au prix de 3 centimes pour tous les usages, sauf pour l'éclairage pour lequel l'énergie était vendue 0,07 fr l'hectowatt-heure jusqu'en 1914 et 0,05 fr l'hectowatt-heure depuis 1914.

La Société « l'Universel Cinéma » émit alors la prétention que l'énergie dépensée pour le fonctionnement de la lanterne de projection cinématographique devait être considérée comme de l'énergie servant à la force motrice, et, comme conséquence, elle assigna, le 20 mars 1913, la Compagnie continentale Edison devant le Tribunal de commerce; elle réclamait à cette dernière : 1° de lui livrer désormais le courant nécessaire aux projections à raison de 3 centimes l'hectowatt-heure ; 2° de lui restituer la différence entre 3 centimes l'hectowatt-heure et 7 centimes l'hectowatt-heure pour l'électricité employée aux projections depuis l'entrée en vigueur du cahier des charges de 1907.

La Chambre syndicale de la cinématographie et des industries qui s'y rattachent est intervenue devant le Tribunal de commerce. Celui-ci, dans son jugement du 22 juillet 1914, a débouté l'Universel Cinéma de sa demande, et c'est à ce jugement que ce dernier avait fait appel.

Nous ne discuterons pas ici les raisons données par les deux avocats pour défendre les causes de leurs clients respectifs. Cela sortirait du cadre que nous nous sommes fixé, nous nous contenterons de faire quelques remarques.

A l'appui de leur thèse les demandeurs ont fait observer que plusieurs Compagnies de distribution d'électricité ont offert d'elles-mêmes des tarifs spéciaux aux sociétés exploitant des cinématographes pour le courant qu'elles utilisaient pour l'éclairage de leur lanterne de projection. En Allemagne, par exemple, à Dusseldorf, l'énergie destinée aux projections cinématographiques était tarifée comme force motrice. En France, la Société boulonnaise d'Éclairage et de Force a, à titre d'essai, tarifé cette énergie comme force motrice.

D'autre part, lors de la promulgation du décret réglementant la consommation du gaz et de l'électricité destinés à l'éclairage, la Chambre cinématographique émue s'est adressée au ministre de l'Intérieur pour savoir si l'éclairage de la lanterne de projection devait être considérée comme lumière. M. Hudelot, directeur de la Sûreté générale, répondit, au nom du ministre de l'Intérieur, que le courant électrique nécessaire pour les projecteurs devait être considéré comme force motrice et que, par conséquent, la consommation en était autorisée dans les limites de la consommation de base.

Ce qui précède semblerait donc appuyer la thèse des demandeurs, mais, par contre, l'article 13 des règlements préfectoraux ordonne que les canalisations installées dans un même local et affectées à des usages différents du courant pour lequel le tarif n'est pas le même doivent être entièrement séparées et faciles à distinguer. Il est logique, du moment que vous réclamez deux tarifs différents, d'avoir deux compteurs enregistrant l'énergie dépensée pour chaque usage particulier. Car, sans cela, sur quoi pourrait-on se baser pour fixer un prix. L'Universel Cinéma, n'ayant qu'un seul compteur, devait donc, même en admettant que l'énergie

Digitized by Google

consommée par la lanterne de projection puisse être considérée comme force motrice, être tarifé comme s'il n'employait uniquement que de l'énergie destinée à la lumière.

La Cour d'Appel, d'ailleurs, après plaidoiries de Me Javal pour la Société « l'Universel Cinéma » (appelante) et la Chambre syndicale de la Cinématographie (intervenante) et de Me Emile Strauss pour la Compagnie continentale Edison (intimée) a confirmé le jugement donné par le Tribunal de commerce le 22 juillet 1914 et déclaré que l'énergie dépensée pour le fonctionnement de la lanterne de projections cinématographiques devait être considérée comme produisant de la lumière et non de la force motrice. Voici le texte de l'arrêt qu'elle a prononcé, le 25 avril 1917, sous la présidence de M. Saint-Aubin.

ARRÊT

La Cour,

Statuant sur l'appel interjeté par la Société l'Universel Cinéma et par la Chambre syndicale de la cinématographie et des industries qui s'y rattachent du jugement rendu par le Tribunal du commerce de la Seine le 22 juillet 1914 et sur l'intervention du Syndicat français des directeurs de cinématographes :

Sur l'appel principal,

Considérant que le cahier des charges du 7 septembre 1907 auquel se trouve soumise la Compagnie continentale Edison, comme l'Union des Compagnies concessionnaires de la Ville de Paris, pour la distribution de l'énergie électrique dont elle fait partie, fixe le prix maximum de l'hectowatt à sept centimes pour l'éclairage et à trois centimes pour tous les autres usages ;

Considérant que la Société l'Universel Cinéma prétend n'utiliser l'énergie électrique que lui fournit la Compagnie intimée, qu'à la projection d'images animées qui donnent l'illusion du mouvement par la combinaison d'un arc électrique avec une série de photographies instantanées se succédant sans interruption et transportées, agrandies, sur un écran par l'action du projecteur; que cette utilisation de la lumière électrique ne saurait être assimilée à son emploi pour l'éclairage; que l'appelante conteste donc les prétentions de la Compagnie Edison qui, au lieu de lui appliquer le tarif A. U., réclame le paiement du prix exceptionnel réservé spécialement à l'éclairage ;

Considérant que les premiers juges ont rejeté les conclusions de la Société appelante sans examiner la thèse soutenue, à savoir : que le courant fourni sert à toute autre chose qu'à éclairer la salle de spectacle et, notamment, à produire ces jeux de lumière dont on perfectionne les effets sans en connaître les causes et qui expliquent l'attrait du cinéma; que le jugement se borne à décider que l'article 13 de l'arrêté du préfet de la Seine, en date du 11 janvier 1910, n'ayant pas été observé, il serait impossible, en l'absence de canalisations différentes et de compteurs distincts pour chaque usage du courant, de contrôler les affirmations de Francfort, administrateur actuel de l'Universel Cinéma et d'établir, par une ventilation équitable, la dépense affectée, d'une part, à l'éclairage et, d'autre part, à des usages physiques, mécaniques ou chimiques;

Considérant qu'on peut se demander si cette inobservation des mesures réglementaires emporte bien à elle seule la déchéance du droit au tarif légal et s'il n'existe pas, en dehors de l'installation du double compteur, des moyens pour établir les divers emplois de l'électricité;

Que la véritable question est donc de décider si la lumière de la projection cinématographique constitue réellement une utilisation de l'électricité rentrant dans l'éclairage;

Considérant qu'il n'est pas inutile de retenir, bien que le fait ne soit point décisif, que W. Neuhoff et Cie aux droits desquels se trouve la Société appelante, n'ont traité que pour l'éclairage d'une salle de cinéma et que dans la police, la clause spéciale à la fourniture d'une force motrice est demeurée en dehors du contrat, ce qui précise nettement quelles étaient les intentions des parties le 26 janvier 1907 au moment de leurs accords;

Considérant que le courant électrique fourni pour actionner la lampe d'une lanterne cinématographique ne sert évidemment qu'à l'éclairage, puisque les rayons qui s'en échappent, dirigés sur l'écran obscur par lui-même, le rendent lumineux et qu'il peut alors transmettre, à son tour, aux yeux des spectateurs, la sensation des scènes animées dont il reçoit la projection; qu'il importe peu que l'électricité vendue pour l'éclairage, ne puisse être employée au projecteur qu'après avoir été au préalable transformée, ni que sa lumière, au lieu de rendre visible un objet déjà existant, en suscite l'image qu'elle fait naître elle-même sur une surface appropriée; l'industrie du cinéma ne s'adressant qu'à l'organe de la vision, il s'ensuit que l'énergie électrique qu'elle consomme est affectée à l'éclairage et ne peut bénéficier du tarif réservé par l'article 10 de la police d'abonnement à tous autres usages, ainsi que l'ont décidé les premiers juges ;

Considérant que la Chambre syndicale de la cinématographie, comme partie principale et comme partie intervenante, s'étant jointe à la demande de l'Universel Cinéma et ayant été déclarée irrecevable par le motif que tous les syndiqués ne se trouveraient pas dans des conditions identiques ni même dans les cas prévus par le règlement, a relevé également appel du jugement et prend les mêmes conclusions qu'en première instance;

Considérant que la Compagnie continentale Edison conteste et refuse l'application du tarif A. U. de trois centimes à toutes les projections cinématographiques, sans distinction; que la Chambre syndicale, dans un intérêt corporatif, est dès lors qualifiée pour obtenir une condamnation, ce qui permet de l'admettre et de la retenir dans l'instance en la double qualité qu'elle a prise, par réformation de la décision attaquée;

Sur l'intervention en appel du Syndicat français des directeurs de cinématographes,

Considérant que la Compagnie continentale Edison qui avait soutenu dans des conclusions que cette demande était irrecevable, le jugement rendu ne portant aucune atteinte aux droits du syndicat, déclare y renoncer et ne plus s'opposer à cette intervention;

Que, dans ces conditions, il échet d'admettre ledit syndicat comme partie intervenante et de le retenir, lui aussi, dans la cause.

Par ces motifs,

Reçoit dans la cause la Chambre syndicale de la cinématographie et des industries qui s'y rattachent,

Dit que son appel, tant comme partie intervenante que comme agissant au principal, est régulier en la forme,

Réforme, de ce chef, le jugement entrepris, retient ladite Chambre syndicale dans l'instance et déclare son appel recevable,

Digitized by Google

Donne acte au Syndicat français des directeurs de cinématographes de son intervention aux débats, qui est régulière en la forme,

Confirme, pour le surplus, par adoption de motifs ainsi complétés, la décision entreprise,

Ordonne qu'elle sortira son plein effet pour être exécutée selon sa forme et teneur,

Rejette comme mal fondées toutes les demandes, fins et conclusions contraires des appelants et des parties intervenantes, les en déboute,

Condamne la Société l'Universel Cinéma et la Chambre syndicale de la cinématographie et des industries qui s'y rattachent à l'amende et aux dépens de leur appel.

Condamne le Syndicat français des directeurs de cinématographes aux dépens de son intervention.

Législation, jurisprudence, réglementation

La mise en exploitation des tourbières.

Le « Journal officiel » du 3 mai 1917 publie dans les documents parlementaires de la Chambre, annexe n° 3122, p. 372, séance de la Chambre du 14 mars 1917, une proposition de résolution invitant le Gouvernement à procéder, dans le plus bref délai possible, à la mise en exploitation des tourbières, par voie de réquisition, présentée par MM. Deshaye, Decroze et Temois, députés. Cette proposition de résolution a été renvoyée à la Commission des mines.

La crise grave de charbon, qui a lieu actuellement, conduit à rechercher les moyens d'améliorer la situation pour l'hiver prochain. Il vient immédiatement à l'idée d'utiliser les tourbières qui fournissent un combustible qui, tout en ayant sensiblement que la moitié du pouvoir calorifique de la houille, pourrait rendre de grands services au moment où on est à court de charbon. La France possède 600 tourbières, réparties dans 31 départements, et occupant une superficie de 40 000 ha qui, mises en exploitation pendant la guerre, donneraient un appoint de combustible très appréciable. En conséquence, MM. Louis Deshaye, Decroze et Temois ont présenté la proposition de résolution suivante :

La Chambre invite le Gouvernement à organiser d'urgence et par voie de réquisition la mise en exploitation des tourbières, sous la direction des communes intéressées et avec le concours du service des mines, et à faciliter cette exploitation par l'affectation, aux travaux nécessaires pendant la saison d'été, d'équipes de prisonniers de guerre.

Arrêté modifiant et complétant l'arrêté du 13 avril 1917 sur les prohibitions de sortie.

Le « Journal officiel » du 14 mai 1917 publie, p. 3876, un arrêté pris en date du 12 mai 1917 par le ministre du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes, et le ministre des Finances, et modifiant les listes n° 1 et n° 2 de l'arrêté du 13 avril 1917.

Arrêté instituant une commission extraparlementaire dite commission de la tourbe.

Le « Journal officiel » du 17 mai 1917 publie, p. 3957, l'arrêté suivant pris en date du 16 mai 1917 par le ministre des Travaux publics et des Transports :

Article premier. — Il est institué, auprès du ministère des Travaux publics et des Transports, une commission extraparlementaire dite « commission de la tourbe » qui sera chargée de centraliser les renseignements relatifs à ce combustible et d'étudier les moyens d'en intensifier la production.

Art. 2. — Cette commission sera composée de la manière suivante :

Six membres du Parlement, représentant les départements intéressés.

Le directeur des mines représentant le ministère des Travaux publics et des Transports.

Un représentant du ministère de l'Intérieur.

Un représentant du ministère de l'Agriculture.

Un représentant du ministère de l'Armement et des Fabrications de guerre.

Un représentant du ministère du Ravitaillement général et des Transports maritimes.

ERRATUM DU NUMÉRO DU 5 MAI

Le lecteur est prié de faire les corrections suivantes dans l'article de M. Poitrimol : Sur abaque destiné à faciliter le calcul des rhéostats de démarrage, paru dans la *R. G. E.*, 5 mai 1917, p. 683.

Page 684, 2e colonne, 4e ligne, au lieu de : $(l \log \rho - \log r)$, lire : $l(\log \rho - \log r)$.

Page 684, 2e colonne, 7e ligne, au lieu de : $AD = \log (R + r) \log R + r$, lire : $AD = \log (R + r)$

Figure 2, au lieu de : $p\ (= v/2)$, lire : ρ.

Page 686, 1re colonne, 33e ligne, au lieu de : 0,000 ω, lire : 0,0001 ω.

Page 687, 1re colonne, 11e ligne, au lieu de : d, m, lire d, m, λ.

Page 688, 1re colonne, 3e ligne, au lieu de : $\frac{l}{2} \log \frac{\lambda_p}{\lambda p - 1}$, lire : $\frac{l}{2} \log \frac{\lambda \rho}{\lambda \rho - 1}$.

Page 688, 1re colonne, dernière ligne, au lieu de : $l \log \sqrt{\frac{m\pi}{4}}$, lire : $l \log \frac{m\pi}{4}$.

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

1re Année. — Tome I. — N° 23. — 9 Juin 1917.

Chronique. — Toujours à propos de la normalisation électrique. — Congrès général du Génie civil national et interallié. — Légion d'honneur. — Société de Chimie industrielle. — Société française de Physique. — La fabrication du chlorate de potassium au Japon, p. 881 et 882.

Section scientifique et technique. — Action d'un poids agissant au milieu d'une portée de ligne aérienne, par A. Tumerelle, p 883. — Appareil d'induction pour la recherche des projectiles, par St. Procopiu, p. 888. — Note sur les schémas de connexions des circuits d'éclairage électrique, par A. C., p. 889. — Revues, analyses et informations : Transformateurs de fréquence, p. 891 ; La photométrie physique, p. 894; Intensité de la réflexion des rayons X et distribution des électrons dans les atomes, p. 846.

Section industrielle. — Formules des divers tarifs de salaire, par P. C., p. 897. — Les usines hydro-électriques de l'Etat suédois, par J. Vichniak, p. 900. — Revues, analyses et informations : Construction et disposition des installations à haute tension, p. 907 ; Les écoles professionnelles de nos colonies d'Extrême-Orient, p. 910.

Section économique et financière. — Importations et exportations françaises, par Désiré Pector, p. 913. — Assemblées générales : Compagnie du gaz de Lyon, p. 914 ; Syndicat professionnel de l'industrie du gaz, p. 915; Société des forges du Fier, p. 916. — Revues, analyses et informations : Chambres de Commerce, p. 916.

Section de législation. — La réquisition des usines et la régie intéressée, par Paul Bougault, p. 917. — Erratum des numéros du 3 et du 10 mars 1917, p 920.

Toujours à propos de la normalisation électrique. — Rectifions d'abord une erreur typographique qui s'est glissée dans la note de la page 843 du précédent numéro, note dont nous n'avions pu faire la lecture en épreuves afin d'éviter qu'un léger retard dans la fabrication ne se transformât en un retard plus important dans la livraison du numéro : à la page 844, il est imprimé que les président et vice-président de la septième Commission de l'Union des Syndicats de l'électricité sont MM. E. Sartiaux et Lettu; il faut lire MM. E. Sartiaux et Zetter.

Voici maintenant un extrait d'une lettre que nous avons reçue d'un lecteur lyonnais et qui offre un nouvel exemple de l'intérêt que les électriciens français prennent aujourd'hui aux questions de normalisation après les avoir trop longtemps négligées :

« On sait généralement, nous écrit ce lecteur, que l'on peut capter encore dans nos nombreuses chutes d'eau une puissance d'environ 2 millions de chevaux. Les régions de Lyon et de Grenoble en particulier sont appelées à prendre un développement industriel énorme. Tous les produits électrochimiques et électrométallurgiques, l'industrie textile, etc., auront une source d'énergie intarissable et à bon marché ce qui rendra la lutte d'autant plus facile.

Cependant, il ne faudrait pas croire que toutes les industries vont pouvoir se localiser dans la région des Alpes. D'autre part, après la guerre, lorsque toutes les usines ne travailleront plus pour la défense nationale, une large part de l'énergie déjà captée actuellement deviendra disponible et suffira certainement pendant longtemps à développer nos nouvelles industries. Tout cela menace de renvoyer indéfiniment la création de nouvelles centrales et l'on n'arriverait ainsi peut-être même jamais à l'utilisation complète de l'énergie disponible.

Il faut, par conséquent, songer à venir en aide aux régions moins bien favorisées et qui avaient recours jusqu'alors à la houille. Cette dernière va se faire rare par suite de la pénurie de main-d'œuvre et de l'état inutilisable dans lequel nous allons retrouver nos mines de l'Est et du Nord. Il faudra limiter l'emploi de la houille aux industries qui ne peuvent s'en passer et aux besoins domestiques.

En considérant ces différents points il faudrait chercher dès maintenant à « normaliser » les nouvelles centrales hydro-électriques qui sont à construire, même fréquence et même tension, de sorte que l'on pourra les coupler en parallèle et effectuer le transport à plusieurs centaines de kilomètres d'une quantité d'énergie condidérable. Il ne faut pas craindre pour cela de très hautes tensions et, si nos ingénieurs ne sont pas suffisamment familiarisés avec les problèmes de ce genre, que les autorités compétentes, qui seront responsables du sort de notre industrie nationale, envoient ces ingénieurs pendant quelques mois en Amérique où les projets de ce genre sont chose courante. Je cite un exemple d'installation à prévoir :

Sept ou huit centrales installées sur différentes rivières seraient couplées ensemble et l'on pourrait ainsi faire le transport d'une puissance de 200 000 ch à la tension de 150 000 v dans la région parisienne.

Vous voyez déjà les quantités de précieux combustible que l'on pourra économiser. Il faut songer à tout cela dès maintenant, exiger que les nouvelles centrales répondent à certaines conditions particulières en vue de leur destination prochaine au transport de la force à grandes distances.

Digitized by Google

Congrès général du Génie civil national et interallié. — Sur l'initiative de la Société des ingénieurs civils de France, un comité s'est récemment constitué en vue de l'organisation d'un Congrès général du Génie civil national et interallié.

Les buts de ce Congrès sont nettement définis par son sous-titre : *Organisation scientifique, technique et économique de toutes les industries.* Diverses publications et les discussions qui ont eu lieu aux séances de la Société des ingénieurs civils ont, en effet, montré qu'il faut songer dès maintenant au « redressement » presque intégral de notre édifice industriel tout entier, si nous voulons que notre industrie, après la guerre, tienne le rang auquel elle est en droit de prétendre.

Une des particularités de ce Congrès est que la date de ses réunions plénières n'est pas fixée à l'avance. « C'est, dit le programme, une *mobilisation générale* momentanée de tous nos savants, ingénieurs, techniciens, praticiens et administrateurs industriels, en vue d'unir toutes les forces vives de la France pour une action commune et irrésistible; nous verrons plus tard s'il importe d'assurer soit une périodicité régulière, soit même une permanence à ces assises solennelles ». Pour le moment, il est entendu qu'une première session aura lieu en novembre prochain et aura un caractère nettement national. Plus tard, et à une date qui ne pourra être déterminée que d'après les événements militaires, une deuxième session examinera tous les problèmes à résoudre avec le concours des Alliés.

Les études, enquêtes et travaux divers du Congrès ont été répartis en dix sections qui, à peu près toutes, intéressent les lecteurs de la « Revue générale de l'Électricité ».

Sept de ces sections sont purement techniques; ce sont :

Section I. — Travaux publics et constructions civiles;
Section II. — Industries de transport;
Section III. — Mécanique, moteurs, machines-outils;
Section IV. — Mines et métallurgie;
Section V. — Physique et chimie industrielles;
Section VI. — Électricité industrielle;
Section VII. — Génie rural et industries agricoles.

Les trois autres sont d'ordre économique :

Section VIII. — Organisation rationnelle du travail industriel, études des salaires, de l'enseignement technique et professionnel, de la production et de la surproduction;

Section IX. — Hygiène et prévoyance sociale, protection des ouvriers contre les accidents, les poussières, les vapeurs dangereuses; lutte contre l'alcoolisme et la tuberculose. Retraites, assurances, mutualité : habitations ouvrières.

Section X. — Législation industrielle, uniformisation des lois industrielles entre pays alliés, propriété industrielle, brevet interallié, marques de fabrique. Cartels de production. Banques d'affaires, union financière et industrielle entre Alliés. Moyens et tarifs de transports internationaux.

La « Revue générale de l'Électricité » tiendra ses lecteurs au courant des travaux de ce Congrès; nous engageons toutefois ceux-ci, dans un but d'union et de solidarité, à s'associer à ces travaux en envoyant leur adhésion au Comité d'organisation, à l'Hôtel de la Société des ingénieurs civils, 19, rue Blanche.

Légion d'honneur. — Nous apprenons la nomination comme chevalier de la Légion d'honneur de :

M. Neu, Henri, actuellement capitaine à titre temporaire (territoriale) au 11e régiment du génie, compagnie 21/2 T.

Cette nomination est accompagnée de la mention suivante :

Officier ayant beaucoup d'autorité sur ses hommes, dont il a su obtenir un excellent rendement. S'est distingué à plusieurs reprises dans la guerre de mines. Une blessure, trois citations.

Société de chimie industrielle. — Sous ce titre vient de se fonder une Société qui n'a nullement l'idée de marcher sur les brisées des Sociétés de chimie pure déjà existantes mais dont le but est de « constituer un groupement largement ouvert à tous, pour : 1° contribuer à l'expansion de l'industrie chimique française dans tous ses domaines ; 2° grouper tous les chefs d'industrie, professeurs, chimistes, constructeurs, etc., qui y sont intéressés ; 3° contribuer aux progrès de la chimie industrielle tant au point de vue économique qu'au point de vue scientifique ».

Les applications de l'électricité à la chimie ont pris une importance industrielle telle que déjà la Société nouvelle compte parmi ses membres un bon nombre d'électriciens. Nous croyons donc devoir signaler sa création à ceux de nos lecteurs qui n'en auraient pas été avisés. Ils pourront d'ailleurs trouver tous renseignements complémentaires au siège de la Société, 49, rue des Mathurins.

Société française de physique. — A la séance du 18 mai 1917 de la Société française de physique, M. A. Pérot fit une très intéressante communication sur un *procédé de localisation radiographique pour installations incomplètes* dont nous parlerons dans la documentation.

A la séance du 1er juin 1917, M. Raveau fit une communication sur la *surface des indices et la surface de l'onde dans les cristaux magnétiques*, il donna un procédé de calcul rapide et élégant pour déterminer l'équation de la surface de l'onde. Nous reviendrons prochainement sur cette question et publierons dans la *R. G. E.* la très intéressante étude de M. Raveau.

La fabrication du chlorate de potassium au Japon. — Jusqu'en 1914, le Japon ne possédait qu'une seule usine de fabrication du chlorate de potassium et encore ne produisait-elle annuellement que 300 t de ce sel; plus de 3 000 t étaient importées chaque année des pays européens.

Depuis trois ans, on a installé sept autres usines dont la production annuelle est évaluée à 3 500 t environ. Actuellement ces usines produisent plus qu'il n'est nécessaire à la consommation nationale et le surplus de leur production est exportée, principalement en Chine et en Russie.

D'après « Metallurgical and Chemical Industry » du 1er mars, p. 273, cette exportation a atteint 242 t pendant les deux mois d'août et septembre 1916.

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

Action d'un poids agissant au milieu d'une portée de ligne aérienne

Beaucoup d'installations de traction électrique sur route font usage de chariots automoteurs pour la captation aérienne du courant; ce chariot introduit une surcharge supplémentaire qui exclut l'emploi direct des abaques de M. Blondel. Dans le présent article, l'auteur calcule les effets de ce poids isolé en le supposant localisé au milieu de la portée et arrive à des formules qui constituent, en quelque sorte, le prolongement des calculs classiques de M. Blondel; par conséquent, avec de légères modifications les abaques de ce dernier redeviennent applicables. La présente étude s'adresse également aux projets de transports par câbles aériens.

L'étude de l'action d'un poids isolé, placé au milieu d'une portée de ligne aérienne et agissant en même temps que les actions uniformément réparties habituellement considérées (poids, vent, température), donne des résultats qu'il peut être intéressant de préciser.

Leur utilisation sera immédiate dans le cas de prise de courant par chariot roulant sur le fil de travail (fig. 1).

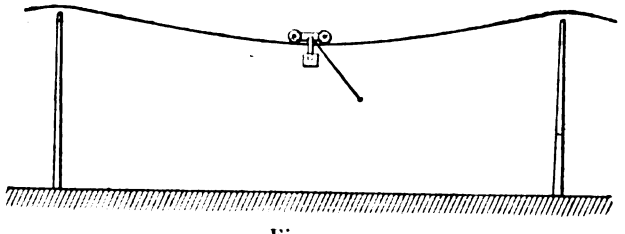


Fig. 1.

Elle paraît susceptible d'application à la pose des lignes aériennes en permettant le réglage, avec une tension de pose unique égale à la tension de pose maximum à envisager pour les portées du projet à exécuter, en compensant l'excès de cette tension sur la tension de la portée considérée par l'addition de poids appropriés, qu'il suffira d'enlever après réglage pour se trouver dans les conditions exigées. Elle paraît aussi susceptible d'application à l'étude des transports par câbles aériens.

Il est possible de calculer les tensions et flèches d'une ligne tendue entre deux appuis et supportant un poids en son milieu par la méthode suivante (dérivée de la méthode classique de M. Blondel pour le calcul des lignes aériennes). (1)

Soient : OA la demi-portée;

P le poids agissant en O;

OX et OY deux axes de coordonnées, l'un horizontal, l'autre vertical (fig. 2).

L'équilibre en O exige que les tangentes aux deux demi-portées en ce point fassent entre elles un certain angle et, si on décompose *P* suivant les directions de ces tangentes (en τ_0 et τ'_0), une portion OM de la ligne sera en équilibre sous l'action de son poids combiné aux forces τ_0 et τ.

D'où en projetant sur les axes de coordonnées :

$$\tau_x = \tau_{0x},$$

$$\tau_y = ps + \frac{P}{2},$$

p étant le poids du fil par unité de longueur et *s* la longueur de l'arc OM.

La courbe d'équilibre est définie par la condition que

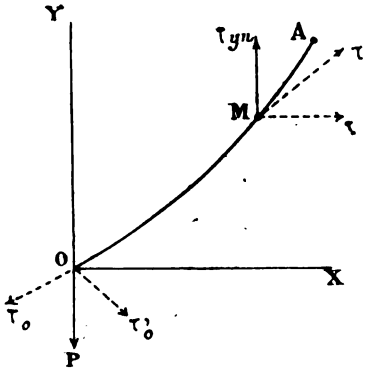


Fig. 2.

la tension en chaque point soit tangente à la courbe, d'où :

$$\frac{dy}{dx} = \frac{\tau_y}{\tau_x} = \frac{ps + \frac{P}{2}}{\tau_{0x}}.$$

En faisant l'hypothèse qui transforme la chaînette en parabole dans l'étude de l'équilibre d'un fil sous son poids, c'est-à-dire en substituant *x* à *s*, on a :

$$\frac{dy}{dx} = \frac{px + \frac{P}{2}}{\tau_{0x}};$$

(1) A. BLONDEL. *Calcul des lignes aériennes par des abaques*, 1 vol. in-4° 1914, édité par *La Lumière électrique*.

Digitized by Google

d'où

$$y = \frac{\frac{1}{2}px^2 + \frac{P}{2}x}{\tau_{0x}}.$$

Comme $\frac{P}{2}$ est petit par rapport à τ_0 (P sera de l'ordre de 10 kg, tandis que τ_0 sera de l'ordre de 200 kg environ), on peut prendre par approximation :

$$\tau_{0x} = \tau_0,$$

$$y = \frac{\frac{1}{2}px^2 + \frac{P}{2}x}{\tau_0}.$$

La portée étant égale à l, la flèche est la valeur de y pour $x = \frac{l}{2}$

$$f = \frac{1}{\tau_0}\left(\frac{1}{8}pl^2 + \frac{Pl}{4}\right).$$

La longueur de la courbe entre appuis se calcule comme suit, en posant :

$$\frac{dy}{dx} = y',$$

$$ds = \sqrt{dx^2 + dy^2} = \sqrt{1 + y'^2}\ dx$$

$$s = 2\int_0^{\frac{l}{2}} \sqrt{1 + y'^2}\ dx.$$

En développant en série $\sqrt{1 + y'^2}$ et en négligeant les termes à partir de y'^4 :

$$ds = dx + \frac{1}{2\tau_0^2}\left(px + \frac{P}{2}\right)^2 dx,$$

$$ds = dx + \frac{p^2x^2}{2\tau_0^2}dx + \frac{Ppx}{2\tau_0^2}dx + \frac{P^2}{8\tau_0^2}dx,$$

$$s = l + \frac{p^2l^3}{24\tau_0^2} + \frac{P^2l}{8\tau_0^2} + \frac{Ppl^2}{8\tau_0^2}.$$

En écrivant les formules qui précèdent dans les notations de M. Blondel savoir :

x portée de la ligne ;

p poids total par mètre ;

φ tension totale (la variation de tension entre le poids point bas et l'appui est négligée) ;

ϖ poids de la ligne par mètre et par millimètre carré de section ;

T tension par millimètre carré de section ;

L longueur du fil entre appuis ;

on aura :

$$f = \frac{px^2}{8\varphi} + \frac{Px}{4\varphi} = \frac{\varpi x^2}{8T} + \frac{P_1 x}{4T}.$$

en prenant

$$P_1 = \frac{P}{\text{section du fil en mm}^2},$$

$$L = x + \frac{p^2x^3}{24\varphi^2} + \frac{P^2x}{8\varphi^2} + \frac{Ppx^2}{8\varphi^2} = x + \frac{\varpi^2x^3}{24T^2} + \frac{P_1^2x}{8T^2} + \frac{P_1\varpi x^2}{8T^2}.$$

Si les conditions extérieures changent, le poids appliqué restant le même, on aura en reprenant un calcul connu :

$$L' = x + \frac{\varpi'^2x^3}{24T'^2} + \frac{P_1^2x}{8T'^2} + \frac{P_1\varpi' x^2}{8T'^2}$$

$$L' - L = L\alpha(\theta' - \theta) + L\frac{T' - T}{E} = \frac{x^3}{24}\left(\frac{\varpi'^2}{T'^2} - \frac{\varpi^2}{T^2}\right) + \frac{x}{8}P_1^2\left(\frac{1}{T'^2} - \frac{1}{T^2}\right) + \frac{x^2}{8}P_1\left(\frac{\varpi'}{T'^2} - \frac{\varpi}{T^2}\right);$$

d'où :

$$\alpha(\theta - \theta') = \frac{x^2}{24}\left(\frac{\varpi^2}{T^2} - \frac{\varpi'^2}{T'^2}\right) - \frac{T - T'}{E} + \frac{P_1^2}{8}\left(\frac{1}{T^2} - \frac{1}{T'^2}\right) + \frac{xP_1}{8}\left(\frac{\varpi}{T^2} - \frac{\varpi'}{T'^2}\right).$$

Les variables de la ligne seront donc définies par les deux équations :

$$f = \frac{\varpi x^2}{8T} + \frac{P_1 x}{4T},$$

$$0 = \frac{\varpi^2x^2}{24\alpha T^2} - \frac{T}{\alpha E} + \frac{P_1^2}{8\alpha T^2} + \frac{P_1\varpi x}{8\alpha T^2}.$$

Lorsque la ligne est soumise à l'action d'une charge uniformément répartie, ces variables sont définies par les deux équations :

$$f = \frac{\varpi x^2}{8T},$$

$$0 = \frac{\varpi^2x^2}{24\alpha T^2} - \frac{T}{\alpha E}.$$

Il est facile de compléter comme il suit l'abaque Blondel 1914 pour l'utiliser au cas présent.

1° *Tension.* — On a à construire les courbes

$$0 = \frac{\varpi^2x^2}{24\alpha T^2} - \frac{T}{\alpha E} + \frac{P_1^2}{8\alpha T^2} + \frac{P_1\varpi x}{8\alpha T^2}.$$

Il suffira d'augmenter les ordonnées des isotases T de l'abaque Blondel de la quantité

$$\frac{P_1^2}{8\alpha T^2} + \frac{P_1\varpi x}{8\alpha T^2}.$$

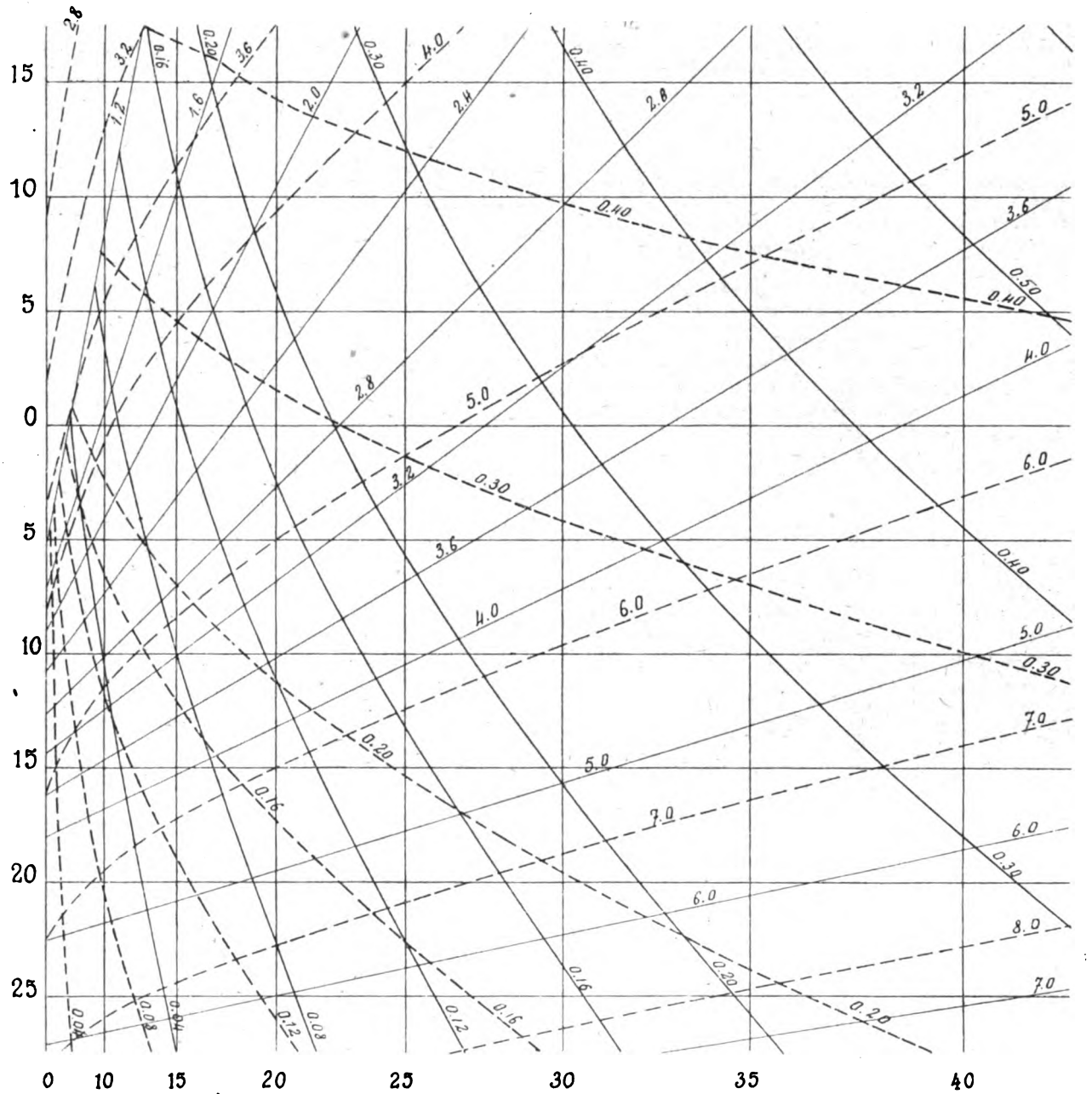
On aura le réseau d'isotases T du nouveau système, dans lequel on procédera, selon la méthode de M. Blondel,

Digitized by Google

par introduction des portées fictives résultant du coefficient de surcharge. L'abaque des portées jusque 50 m sera suffisant puisqu'il s'agira de portées de lignes aériennes de prise de courant ne dépassant pas 40 m

pour lesquelles les conditions les plus défavorables sont obtenues par la considération de la température de — 20° avec vent de 30 kg : m².

Si le poids $\varpi.r$ était négligeable devant P_1, on pour-



Abaque Blondel.

rait négliger $\frac{P_1 \varpi.r}{8 a T^2}$ devant $\frac{P^2_1}{8 a T^2}$ et augmenter les ordonnées des isotases T de l'abaque Blondel, de la quantité $\frac{P_1^2}{8 a T^2}$, c'est-à-dire relever chaque isotase de cette quantité qui varie en raison inverse de T^2. L'exécution du nouvel abaque serait très simplifiée et on pourrait utiliser la méthode des lignes de sécurité. Cette simplification pourrait se faire dans certaines études de transport par câble aérien par exemple.

2° *Flèche.* — On profitera de ce que le réseau de M. Blondel donne $f = \frac{\varpi.r^2}{8T}$, pour porter *dans le même*

Digitized by Google

réseau le supplément de flèche, soit $\frac{P_1 x}{4T}$, et tracer les courbes de même supplément de flèche.

Pour lire une flèche, on opérera donc *dans le réseau de* M. Blondel, en prenant l'intersection de la verticale de portée, avec l'isotase déterminée dans le calcul de la tension, et on lira les flèches dudit réseau et du nouveau dont la somme sera la flèche cherchée.

Le tracé du nouveau réseau des courbes de supplément de flèche est plus facile que le tracé du réseau des courbes isokoiles dans le nouveau système, puisqu'on n'a pas à calculer $\frac{\varpi x^2}{8T}$ et que le supplément de la flèche est proportionnel à la portée, ce qui simplifie les calculs. Mais il faut avoir soin, en application, d'opérer dans le réseau précité.

3° *Passage du dispositif avec poids au dispositif sans poids.* — Ayant déterminé une tension et une flèche, le poids étant au milieu de la portée, il est extrêmement simple de déterminer ce que deviendront cette flèche et cette tension, le poids enlevé.

Le poids étant sur le fil, on a :

$$L = x + \frac{\varpi^2 x^3}{24\,T^2} + \frac{P_1^2 x}{8\,T^2} + \frac{P_1 \varpi x^2}{8\,T^2}.$$

Le poids enlevé, on aura une tension T', à laquelle correspondra une flèche f'.

La longueur nouvelle de la courbe sera (nous supposons que la température ne change pas, ce qui sera le cas de la pratique ; il serait aisé de tenir compte d'une variation de température)

$$L' = x + \frac{\varpi^2 x^3}{24\,T'^2},$$

d'où

$$L' - L = x\,\frac{T' - T}{E} = \frac{\varpi^2 x^3}{24\,T'^2} - \frac{\varpi^2 x^3}{24\,T^2} - \frac{P_1^2 x}{8\,T^2} - \frac{P_1 \varpi x^2}{8\,T^2}.$$

T' sera donc déterminé par l'équation

$$\frac{\varpi^2 x^2}{24\,T'^2} - \frac{T'}{E} = \frac{\varpi^2 x^2}{24\,T^2} - \frac{T}{E} + \frac{P_1^2}{8\,T^2} + \frac{P_1 \varpi x}{8\,T^2}.$$

La valeur T' sera donc celle de l'isotase de l'abaque de M. Blondel qui passe par le point de rencontre de l'isotase T du nouveau réseau avec l'abscisse x.

S'il y avait à tenir compte d'une variation de température positive ou négative, ce point de rencontre serait élevé, ou abaissé, d'une quantité égale à ladite variation de température.

Ce résultat était d'ailleurs évident a priori, d'après le mode de confection même des abaques.

ÉTUDE D'UNE LIGNE DE TRAVAIL A PRISE DE COURANT PAR CHARIOT ROULANT. — Cette étude découle immédiatement de ce qui précède.

On opérera avec l'abaque complété, comme on eût opéré avec l'abaque de M. Blondel, par la méthode des portées fictives.

A titre d'indication, pour montrer l'influence d'un chariot de 10 kg sur une ligne de 67,2 mm² de section, nous donnons ci-dessous le tableau des tensions et des flèches, à diverses portées, à + 15° et + 40°, la tension de la ligne dans les circonstances les plus défavorables atteignant 13 kg : cm² (les circonstances les plus défavorables sont celles de l'hypothèse — 20°, 30 kg. chariot de 10 kg en place).

Dans un petit nombre de relevés expérimentaux, nous

TABLEAU I. — *Tableau de pose, la tension maximum atteignant 13 kg : mm² dans les circonstances les plus défavorables, y compris le chariot du poids de 10 kg.*

PORTÉES	TEMPÉRATURE A 15°		TEMPÉRATURE A 40°			
	Tension maximum à 15° le chariot étant sur la travée. (1)	Tension à 15°, le chariot étant enlevé. (2)	Tension le chariot enlevé correspondant à (2) (3)	Tension le chariot en place correspondant à (3) (4)	Flèche correspondant à (3) (5)	Flèche correspondant à (4) (6)
	kg : mm²	kg : mm²	kg : mm²	kg : mm²	m	m
10 m	6,300	5,00	1,400	3,750	0,08	0,13
15	6,5	5,108	1,9	4,00	0,135	0,20
20	6,800	5,3	2,350	4,350	0,19	0,29
25	6,950	5,4	2,700	4,600	0,26	0,36
30	7,100	5,500	3,000	4,800	0,33	0,44
35	7,300	5,800	3,450	5,150	0,42	0,53
40	7,500	6,00	3,650	5,300	0,49	0,62

avons cru observer que les flèches réelles sont supérieures à celles données par le calcul. Cela tient vraisemblablement à ce qu'une ligne constituée avec du fil de 67 mm² de section en 8, conserve après déroulement du touret une déformation permanente en tire-bouchon qui subsiste en partie après la pose, surtout aux tensions modérées ; la figure réelle du fil dans l'espace n'est pas celle qui sert de base au calcul, mais une figure modifiée par cette déformation qui correspond à une longueur de fil entre appuis supérieure.

Digitized by Google

ÉTUDE DES TENSIONS DE POSE D'UNE LIGNE AÉRIENNE. — La facilité avec laquelle on passe du système avec poids au système sans poids permet de calculer aisément le poids à placer au milieu de la portée pour faire passer la tension de la ligne à une valeur quelconque supérieure.

Supposons que, dans une portée x, on veuille faire passer la tension T_1 à T_2, $T_2 > T_1$.

Supposons que nous marquions sur l'abaque Blondel le point (x, T_1) et sur l'abaque modifié par l'introduction d'un poids P_1 arbitraire le point (x, T_2). Ces deux points ne coïncideront pas en général, parce que le poids qui a servi à modifier l'abaque n'est pas celui dont il y a lieu de se servir. Le poids à envisager est donc celui qui ferait coïncider les deux points (x, T_1) et (x, T_2).

Ce poids inconnu élèvera donc l'isotase T_2 (abaque Blondel) de la distance séparant cet isotase de l'isotase T_1 (abaque Blondel), longueur a_2 que l'on mesure sur l'abaque en degrés. La valeur P_2 par millimètre carré de section de fil sera déterminée par la relation :

$$\frac{P_1^2}{8\alpha T_1^2} + \frac{P_2 \varpi x}{8\alpha T_2^2} = a_2,$$

donc

$$P_2 = \frac{-\varpi x + \sqrt{\varpi^2 x^2 + 32\, a_2 \alpha T_1^2}}{2}.$$

A titre d'exemple, supposons qu'une portée de 45 m d'une ligne de 20 mm² de section doive être tendue à 3,6 kg : mm², alors qu'une portée voisine doive être tendue à 3,9 kg : mm². La portée de 45 m pourra être tendue à 3,9 kg : mm² moyennant l'addition d'un poids X déterminé par :

$$X = \frac{20 - 0{,}0089 \times 45 \sqrt{(0{,}0089 \times 45)^2 + 32 \times 5{,}7 \times 0{,}000017 \times 5{,}9^2}}{2},$$

$a_2 = 5°7$

$X = 0{,}550$ kg.

Nous avons fait l'application de ce qui précède à l'étude des tensions de réglage d'une ligne de 20 mm² de section dont les portées peuvent atteindre 85 m et dans laquelle la tension maximum ne doit pas dépasser 7,8 kg : mm² dans les conditions les plus défavorables (cuivre à 39 kg : mm² de résistance à la rupture, coefficient de sécurité 5).

On pourra simplifier les opérations de réglage en modifiant le tableau II, on obtiendra alors le tableau III.

Il y a lieu de remarquer que, pour l'utilisation ci-dessus indiquée, il n'y a pas de transformation à faire subir à l'abaque de M. Blondel; il y a simplement, pour chaque application, à résoudre une équation du second degré après avoir mesuré sur l'abaque l'abaissement de température qui produit la même augmentation de tension que l'adjonction du poids cherché.

L'application et l'enlèvement de ces poids effectués du sol éviteront les manœuvres supplémentaires nécessaires pour construire la ligne par portées isolées ou par cantonnements de même tension de pose.

TABLEAU II.

TENSION MAXIMUM 7,8 kg : mm²	PORTÉE	TEMPÉRATURE DE POSE DE LA LIGNE + 20°C — Tension de pose théorique.	Tension de pose réelle.	Poids à placer au milieu de la portée.
	m	kg : mm²	kg : mm²	kg
+15°, 120 kg	85	3,6	3,90	0,890
	75	3,68	3,90	0,580
	65	3,75	3,90	0,380
	55	3,90	3,90	
— 20°, 30 kg	45	3,60	3,90	0,550
	35	3,10	3,90	1,390
	25	2,50	3,90	2,220

TABLEAU III.

TENSION MAXIMUM 7,8 kg : mm²	PORTÉE	TEMPÉRATURE DE POSE DE LA LIGNE + 20°C — Tension de pose théorique.	Tension à réaliser.	Tension de pose réelle.	Poids à placer au milieu de la portée.
		kg : mm²	kg : mm²	kg : mm²	kg
+ 15°, 120 kg	85	3,6	3,6	3,6	
	75	3,68	3,6	3,6	
	65	3,75	3,6	3,6	
	55	3,9	3,6	3,6	
— 20°, 30 kg	45	3,6	3,6	3,6	
	35	3,1	3,1	3,6	1,00
	25	2,5	2,5	3,6	1,97

En ce qui concerne l'action des frottements du fil sur ses supports pendant le tirage, on observera que, si sur chaque support le frottement est augmenté, le nombre des portées tirées en même temps n'en pourra pas moins être plus grand que dans les méthodes ordinaires puisque la tension de pose sera plus importante. Entre les poteaux extrêmes des portées tirées en même temps dans les deux cas, nous pouvons avoir dans l'un et l'autre, même tension inférieure limite, tandis que l'effort de tirage sera plus élevé dans l'un que dans l'autre, et il est facile de se rendre compte que, avec une perte au frottement plus importante par support, le nombre de ceux-ci n'en restera pas moins plus élevé.

A. TUMERELLE.
Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Digitized by Google

Appareil d'induction pour la recherche des projectiles

Dans cet article, qui nous a été envoyé de Barlud (Roumanie) en décembre mais ne nous est parvenu qu'en mars, l'auteur décrit un appareil d'induction permettant de déceler les projectiles magnétiques dans le corps des blessés, et dont la principale particularité consiste dans l'emploi d'un détecteur à galène pour rectifier les courants induits.

Pour localiser l'emplacement d'un projectile de guerre, dans le corps des blessés, on utilise, en outre des rayons X, des appareils qui dérivent de l'électro-aimant à courant alternatif, comme l'électrovibreur Bergonié ou de la balance électromagnétique de Hughes, sur laquelle M. Lippmann a attiré l'attention, comme l'appareil de M. de la Baume-Pluvinel (1). Avec l'électro-aimant on doit percevoir le projectile magnétique par le toucher et avec la balance d'induction on le perçoit par le téléphone.

Nous exposerons ici un appareil d'induction, qui permet de reconnaître par un galvanomètre la présence d'une balle magnétique et qui nous donne la possibilité d'en apprécier la profondeur.

Sur un noyau en fer doux, de 11 cm de longueur et

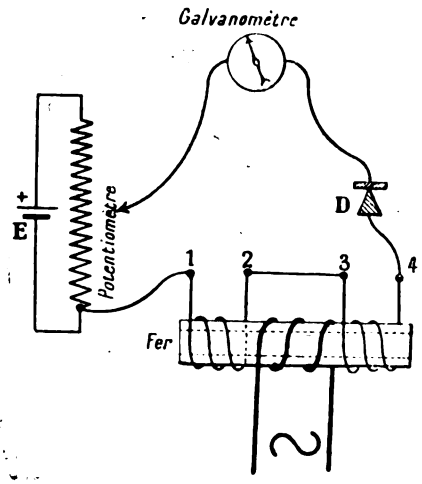


Fig. 1.

2 cm de diamètre (fig. 1), sont enroulées trois bobines : une bobine centrale de 5 cm de longueur, en fil isolé de 1,5 mm de diamètre et deux bobines latérales, en fil fin et rigoureusement identiques. La bobine centrale est l'enroulement primaire, dans lequel passe un courant alternatif de 3 à 6 A (en utilisant le réseau alternatif de Bucarest de 120 V avec transformateur pour 45 V) ou un courant continu interrompu. Les deux bobines latérales sont les bobines induites ; leur enroulement est fait dans le même sens et leurs extrémités 2 et 3 sont connectées ensemble. Dans ces conditions, la force électromotrice entre les extrémités 1 et 4 est nulle, puisque les courants induits dans les deux enroulements sont égaux et opposés.

Si on relie les deux bouts libres à un téléphone, on n'obtient qu'une faible sensibilité de l'appareil à déceler de petits changements dans le champ magnétique du noyau. Pour avoir une grande sensibilité, il faut utiliser quelque appareil à aiguille, un galvanomètre ; et dans ce dernier cas, dans son circuit il faut intercaler une soupape, qui transforme le courant alternatif d'induction en courant continu. La soupape utilisée est un détecteur à galène, tels que ceux de la télégraphie sans fil. Le courant passe généralement de la pointe de cuivre au cristal de galène ; toutefois, il y a des points sur le cristal, qui laissent passer le courant dans un sens contraire, surtout si la pointe presse trop sur le cristal (1) : on s'arrangera toujours pour que le courant passe dans le premier sens.

Une difficulté surgit : les deux bobines extrêmes ne peuvent être rigoureusement identiques et un courant passe toujours par le galvanomètre, qui autrement devrait rester à zéro. On fait la correction en intercalant dans le circuit du galvanomètre un potentiomètre avec une pile E. Pour que la sensibilité n'en soit pas diminuée, il faut que la résistance du potentiomètre qui entre dans le circuit galvanométrique soit petite. La figure montre le dispositif.

Si une balle se trouve dans l'axe du noyau de fer, le champ magnétique alternatif du noyau en sera influencé : il se produit une dissymétrie dans ce champ, qui fait que l'une des bobines l'emporte sur l'autre et que le galvanomètre dévie. La valeur maximum de la déviation se présente lorsque la balle se trouve dans la direction de l'axe du noyau. Et pour avoir la plus grande sensibilité il faut que la saturation du noyau ne soit pas atteinte et que les bobines induites soient de petite longueur.

Voici les résultats d'expériences faites avec une balle de ferro-nickel de mitrailleuse (roumaine), de 15 g, le galvanomètre employé étant de médiocre sensibilité (4.10^{-6} A) ; la distance de la balle au noyau est donnée en centimètres et la déviation du galvanomètre en millimètres sur l'échelle à un mètre.

Distance de la balle	10	8	6	5	4	3 cm
Déviations du galvanomètre	4	8	25	40	110	200 mm

(1) G. Lippmann. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 1914, t. CLIX, p. 627 ; *La Revue électrique*, 5 mars 1915, t. XXIII, p. 228. A. de la Baume-Pluvinel. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 1915, t. CLXI, p. 402 ; *La Revue électrique*, 6 août 1915, t. XXIX, p. 93.

(1) St. Procopiu. *Bulletin scientifique de l'Académie roumaine*, 13 décembre 1913,. Mlle Paule Collet. *Comptes rendus*, 24 juillet 1916.

Digitized by Google

On voit que, d'après la valeur de la déviation, il est possible d'apprécier la profondeur de la balle.

La sensibilité de l'appareil pourrait d'ailleurs être augmentée, en utilisant un noyau en fil de fer doux et en réduisant la dissymétrie initiale des enroulements induits (qui dans notre appareil était très grande, faute d'une construction soignée).

Je crois aussi que, si j'avais utilisé dans le circuit un condensateur (pour la résonance) avec le galvanomètre en dérivation, j'aurais obtenu de meilleurs résultats. Je n'ai pas eu la possibilité d'essayer.

Pour la commodité d'emploi, le noyau de fer était muni d'un manche de bois ou de laiton, à deux branches fixées entre les deux bobines induites et la bobine primaire, et qui permettait de placer le noyau sur la partie du corps à explorer. Le détecteur à galène, le potentiomètre réglable, un élément galvanique et un interrupteur qui fermait deux contacts étaient enfermés dans une petite boîte portant 4 bornes : 2 pour la connexion au galvanomètre (non shunté) et 2 pour la connexion aux extrémités libres des bobines secondaires de l'appareil (1).

ST. PROCOPIU.

Note sur les schémas de connexions des circuits d'éclairage électrique

« Praticiens aussi bien que théoriciens trouveront dans la R. G. E. l'organe répondant à leurs multiples besoins de documentation ». C'est en vue de remplir cette partie de son programme qu'est publié l'article ci-dessous, le premier d'une série spécialement écrite pour les monteurs électriciens.

L'avantage que présente l'éclairage électrique sur les autres modes d'éclairage réside particulièrement dans la simplicité des manœuvres d'allumage et d'extinction ; aussi importe-t-il de savoir tirer le meilleur parti des moyens dont on dispose pour que l'installation réalisée réponde aussi, parfaitement que possible, aux exigences de celui qui est appelé à s'en servir.

D'une façon générale, le montage des lampes à incandescence sous une tension normalement adoptée de 110 ou de 220 v (c'est là le seul cas que nous envisageons dans cette note) ne présente aucune difficulté, si ce n'est en ce qui concerne le choix des appareils de commande et la façon de les relier à la source d'énergie, d'une part, et à la lampe à commander, d'autre part. Ce n'est donc qu'à ce point de vue que nous nous plaçons dans ce rapide aperçu dans lequel nous nous proposons d'examiner les problèmes que l'on rencontre le plus fréquemment et de réunir en quelques schémas les solutions généralement adoptées, en n'utilisant, comme appareils de commande, que des types courants dans le commerce. Nous laissons volontairement de côté toutes considérations sur la protection des circuits d'éclairage, protection assurée par un isolement convenable du fil employé et par une disposition judicieuse des courts-circuits fusibles.

Afin de simplifier l'étude de l'installation de la commande d'une lampe ou d'un groupe de lampes, il importe de distinguer deux cas essentiels :

1° Celui où la commande doit être assurée en un point unique ;

2° Celui où la commande doit pouvoir être faite (fig. 1 à 2) en plusieurs points éloignés et indépendants les uns des autres.

Les schémas 1 à 8 se rapportent aux problèmes de la première catégorie et les quatre suivants, 9 à 12, à ceux de la seconde catégorie.

Le cas le plus simple est celui où la commande d'une lampe (ou d'un groupe de lampes) est assurée par un seul interrupteur ordinaire, unipolaire, possédant un plot mort. Le schéma 1 que nous ne donnons que comme mémoire est facile à établir et n'a besoin d'aucun commentaire.

Il en est de même du schéma 2 qui figure la commande à distance de plusieurs lampes, chacune d'elles étant prévue à son tour avec un interrupteur disposé à proximité de la lampe. Cette disposition est utile lorsqu'il s'agit de pouvoir mettre hors circuit un groupe de lampes à partir d'une heure déterminée (dans les hôtels par exemple).

On peut parfaire l'installation par l'adjonction d'une lampe-témoin dans le voisinage de l'interrupteur principal, permettant de contrôler si les lampes sont en service ou non. L'interrupteur principal n'est plus alors un simple interrupteur, mais un commutateur à deux directions, avec un plot mort. Le plot de contrôle est le plot C du schéma 3.

Les schémas 4 et 5 représentent ce que l'on appelle le « multiple allumage ». A l'aide de plusieurs interrupteurs ordinaires, comme l'indique le schéma 4, ou d'un interrupteur d'un type spécial, figuré sur le schéma 5, on peut obtenir soit un éclairage réduit, soit un éclairage intensif, en mettant en service soit une, soit plusieurs lampes ; le « multiple allumage » est intéressant pour la commande des lampes d'un lustre, par exemple. L'interrupteur spécial figuré en 5 est constitué par plusieurs plots, dont un plot mort O, et par une lamelle mobile, recourbée en arc de cercle, et solidaire du bouton de l'interrupteur. Cette lamelle repose sur un, deux ou trois plots, plots F_1, ou F_1 et F_2, ou F_1, F_2 et F_3

(1) Travail fait à l'Institut électrotechnique de l'Université de Bucarest, sous la direction de M. le professeur Hurmuzescu.

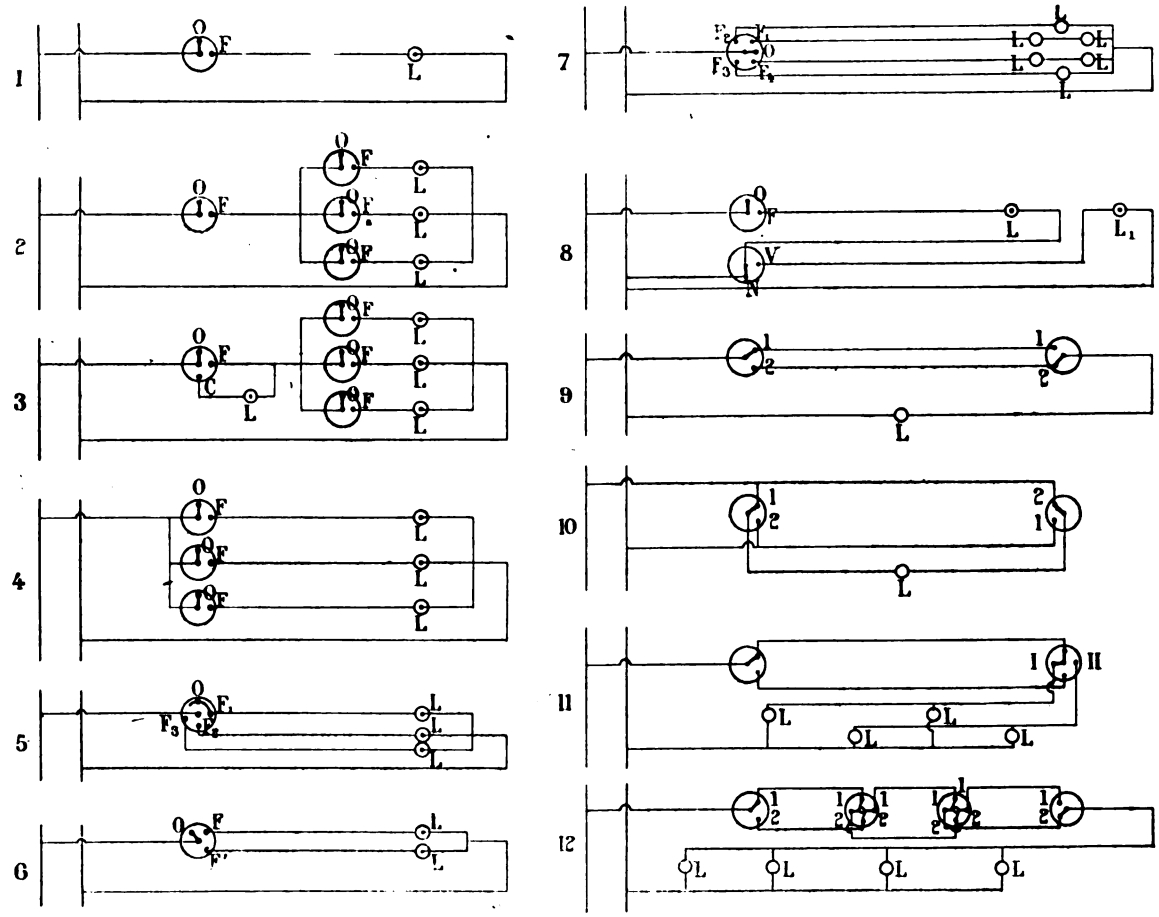
Digitized by Google

et met ainsi en circuit une, deux ou trois lampes (ou groupes de lampes) suivant l'intensité d'éclairage que l'on veut obtenir. Lorsque la lamelle ne repose que sur le plot mort O, le circuit de toutes les lampes est ouvert.

Enfin, à la question de confort et de facilité de commande s'ajoute trop souvent celle d'économie : et il peut être intéressant de prévoir dans une même pièce, mais en des points différents, plusieurs lampes ou plusieurs groupes de lampes, sans que toutefois ces lampes soient allumées simultanément : il peut même être indispensable d'éviter qu'elles soient allumées simultanément, ce qui sera réalisé par l'emploi du commutateur à plusieurs directions.

Le schéma 6 représente le montage d'un commutateur à deux directions, fréquemment employé dans les cuisines, dans les chambres d'hôtel, etc.

Sur le schéma 7 est figuré un commutateur à quatre directions auquel on a recours si le nombre de lampes ou de groupes de lampes qui ne peuvent être allumées



Figures 1 à 12.

simultanément est de quatre. Sur le schéma, nous avons représenté deux lampes séparées, commandées par les plots F_2 et F_3 et, deux groupes de deux lampes, commandés l'un par le plot F_1 et l'autre par le plot F_4.

Pour terminer cette collection de schémas représentant les solutions des problèmes les plus courants de la première catégorie, nous donnons un mode de montage d'une lampe qui doit pouvoir marcher « en veilleuse » et qui, à cet effet, doit pouvoir être connectée en série avec une lampe analogue L_1 sous une tension correspondant à celle pour laquelle la lampe a été établie ; le montage en série de deux lampes analogues réduit, bien entendu, de moitié la tension aux bornes de chacune d'elles et, de ce fait, leur intensité lumineuse. La disposition représentée sur le schéma 8 comprend un interrupteur unipolaire, ordinaire, commandant l'allumage et l'extinction de la lampe L et un commutateur dit « va-et-vient » (nous expliquons ci-dessous l'origine de cette expression), assurant le réglage de l'intensité lumineuse de la lampe L, en permettant de la brancher soit directement sous la tension normale de distribution (plot N), soit en série avec la lampe L_1 (plot V).

Il existe, dans certaines maisons de constructions d'appareillage électrique, des interrupteurs qui constituent une combinaison des deux appareils représentés sur notre schéma. Comme ils ne sont pas d'un type

Digitized by Google

courant, nous avons préféré indiquer le parti que l'on peut tirer d'appareils que l'on trouve facilement, en nous contentant de signaler l'existence des appareils spéciaux dont le montage se rapproche d'ailleurs de celui figuré en 8.

Dans les problèmes de la seconde catégorie, nous distinguons les cas où la commande doit pouvoir se faire de deux points indépendants l'un de l'autre et ceux où elle est assurée en plus de deux points.

Les schémas 9 et 10 représentent le montage dit de l'allumage « va-et-vient », solution courante du problème de la commande d'une lampe en deux points au moyen d'un commutateur à deux directions, sans plot mort; ce type de commutateur est appelé le commutateur « va-et-vient ». Le montage qu'il convient d'adopter est celui du schéma 9; nous n'indiquons sur le schéma 10 un second mode de montage que pour en faire ressortir les inconvénients : les deux plots sont directement reliés au circuit d'alimentation; il y a donc lieu de craindre la création d'une étincelle de rupture assez importante pour occasionner un court-circuit à l'intérieur du commutateur. Si l'on tient donc à accepter ce mode de montage, il importe de s'assurer de la robustesse de construction des appareils utilisés, en particulier de la distance des deux plots et de l'élasticité du ressort qui actionne le balai mobile.

Le schéma 11 représente un montage combiné du montage en « va-et-vient » et du montage « économique » figuré au 6. Il permet d'allumer de deux points différents d'une pièce, par exemple, une seule lampe (ou un seul groupe de lampes) tandis que la pièce comporte plusieurs lampes (ou plusieurs groupes de lampes). Le commutateur va-et-vient commande l'allumage d'un quelconque des groupes de lampes; l'autre commutateur d'un type spécial, à quatre plots et à double branche mobile, joue le rôle du commutateur à deux directions dans le montage économique et, en même temps, celui d'interrupteur.

Dans le cas de la commande en plus de deux points, les appareils à prévoir sont deux commutateurs va-et-vient pour les deux points extrêmes et autant d'interrupteurs d'un type spécial qu'il y a de points intermédiaires, montés comme l'indique le schéma 12. Il est à remarquer que l'axe de rotation de la partie mobile dans ces interrupteurs spéciaux est isolé; les quatre branches mobiles, solidaires du bouton, sont reliées entre elles deux à deux et établissent, pour chaque position, une connexion entre deux plots consécutifs du commutateur, comme l'indique le schéma.

Les différents cas que nous avons envisagés constituent une base qui nous semble suffisante pour résoudre les problèmes les plus complexes que l'on rencontre dans l'étude des installations d'éclairage et dans le détail desquels le caractère général que nous avons voulu donner à cette note ne nous permet pas d'entrer.

A. C.

Revues, analyses et informations

Transformateurs de fréquence (1).

Les transformateurs de fréquence peuvent être divisés en trois catégories, selon qu'ils transforment l'énergie électrique d'une fréquence en une autre :

1° Électro-magnétiquement;

2° Partie électro-magnétiquement, partie en énergie mécanique et parfois, à nouveau, en énergie électrique;

3° Mécaniquement.

Dans le premier cas, les seuls rapports possibles de conversion sont : $\frac{1}{3}$ et ses multiples. L'application du type correspondant est donc limitée. L'auteur ne considérera que les deux autres types.

Le second se présente sous la forme d'un moteur à induction mécaniquement accouplé à une forme quelconque de moteur qui l'entraine.

Si l'on applique aux bornes du stator d'un moteur à induction à bagues une force électromotrice et si l'on immobilise le rotor, ce moteur fonctionne comme un transformateur : la tension aux bagues est déterminée par le rapport des nombres de tours des enroulements de stator et de rotor. La fréquence est celle de la source qui alimente le stator. Si le rotor peut tourner, mais est maintenu à une vitesse constante, soit par un frein à friction, soit par accouplement à un générateur, sa fréquence est réduite à la valeur :

$$\text{fréquence stator} \times \frac{(\text{t : min de synchronisme} - \text{t : min de marche})}{\text{t : min de synchronisme.}}$$

Si le rotor est entraîné par un moteur en sens inverse de son sens normal de rotation, le signe — se change en +.

En employant un moteur d'entraînement à vitesse variable, il est ainsi possible de réaliser toute fréquence de zéro à la limite fixée par le maximum de vitesse admissible pour le moteur à induction. Transformateur de fréquence en apparence idéal, une telle machine a le gros inconvénient d'un très mauvais réglage de la tension, celle-ci tombant rapidement quand la charge croit (par fortes pertes magnétiques entre les enroulements de stator et de rotor). Pour maintenir un voltage constant aux bornes du secondaire de la machine, il faut employer un transformateur de réglage avec régulateur automatique.

Ce défaut a empêché le transformateur de cette catégorie de passer dans la pratique industrielle; néanmoins, pour des expériences ou des essais, lorsqu'il faut parfois produire du courant à haute fréquence, le réglage de la tension étant chose secondaire, ce type est certainement très utile.

Le troisième cas de transformation est réalisé par un moteur à courant alternatif actionnant un générateur synchrone. Le transformateur de fréquence est dit, suivant le type de son moteur, à induction ou synchrone.

(1) R. Townsend. *The Institution of Electrical Engineers*, 8 400 mots, 4 fig.

Digitized by Google

Moteur et générateur étant électriquement indépendants l'un de l'autre, peuvent être établis pour une tension et un nombre de phases quelconques. Cela permet de convertir, non seulement la fréquence, mais en même temps la tension et le nombre de phases.

Vitesse maximum. — Les nombres de pôles du moteur et du générateur doivent être dans le même rapport que les fréquences (en négligeant le glissement dans le cas du transformateur de fréquence à induction), et cela fixe, bien entendu, le maximum de vitesse pour lequel le groupe peut être établi. Dans le cas d'un transformateur à induction, le rapport des deux fréquences varie légèrement avec la charge, en raison du glissement variable du moteur à induction.

Caractéristiques des transformateurs de fréquence à induction et synchrones. — Le choix entre les deux types dépend des circonstances :

On adoptera les transformateurs synchrones lorsqu'il sera essentiel de maintenir constant à toutes les charges le rapport des fréquences, de rendre l'opérateur maître du facteur de puissance, ou d'avoir un groupe parfaitement réversible, le moteur fonctionnant comme générateur sans le secours de machines synchrones en parallèle avec lui.

Sinon, les transformateurs à induction seront préférables parce que généralement plus simples. Ils le seront également s'il s'agit de mettre deux stations sur la même ligne, parce qu'ils jouent en quelque sorte le rôle d'accouplements élastiques, en regard des transformateurs synchrones assimilables à des accouplements rigides.

Transformateurs synchrones. — Après avoir traité succinctement le cas des transformateurs à induction, dont les caractéristiques essentielles sont indiquées dans le tableau comparatif qu'on trouvera plus loin, l'auteur aborde l'étude, considérablement plus intéressante à son avis, du type synchrone.

Le démarrage et la synchronisation de celui-ci sont des problèmes plus complexes, et la répartition de la charge entre des transformateurs fonctionnant en parallèle peut présenter quelques difficultés. Pour étudier celles-ci, il est nécessaire de considérer l'influence de la charge sur le décalage de phase entre les bornes et la force électromotrice générée, dans une machine synchrone.

Si un générateur synchrone tourne à vide, sa force électromotrice générée est en phase avec la force électromotrice aux bornes ; mais s'il est en charge, les deux forces électromotrices cessent d'être en phase par le fait de la chute de tension dans les enroulements par résistance et induction. Ce décalage est représenté dans la figure 1 pour une charge dont le facteur de puissance est de 100 pour 100.

OA est la force électromotrice aux bornes ; le facteur de puissance étant de 100 pour 100, l'intensité est également en phase avec OA ;

AB est la chute de voltage par résistance dans les enroulements (en phase avec l'intensité) ;

BC est la force électromotrice inductive (en avance de 90° sur l'intensité) ;

OC est donc la direction de la phase de la force électromotrice générée, en avance de l'angle α sur OA.

La figure 2 donne un diagramme vectoriel semblable pour une charge ayant un facteur de puissance de 80 pour 100 en retard.

De même, dans un moteur synchrone en charge, la force contre-électromotrice retarde sur la force électromotrice d'un angle β. Par suite, quand le transformateur de fréquence est en charge, sa force électromotrice aux bornes du générateur retardera sur sa position à vide d'un angle

$$\alpha + \frac{(\beta - \beta_1) \sim G}{\sim M},$$

où β_1 est la valeur de β à vide et $\sim G$, $\sim M$, les fréquences respectives du générateur et du moteur.

Dans les deux cas des figures 1 et 2, AB est petit par rapport à OA ; il a, par suite, très peu d'influence sur l'angle α. BC est approximativement proportionnel à l'intensité du courant d'induit, donc quand α est faible, il est à peu près proportionnel au débit de la machine quand la tension reste constante,

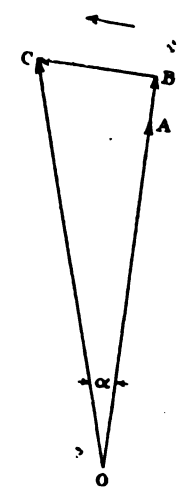


Fig. 1.

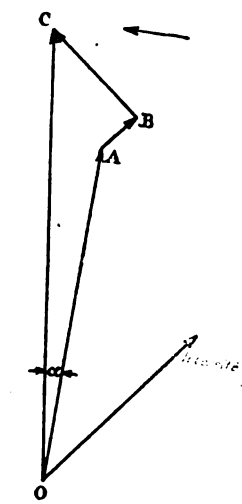


Fig. 2.

Considérons maintenant le cas d'un transformateur établi pour passer de la fréquence 25 à la fréquence 50. Nous admettrons qu'à pleine charge $\alpha = 20°$ (toutes les mesures angulaires qui suivent sont exprimées en degrés électriques) et $\beta = 25°$. De plus, nous fixerons à 10 pour 100 de la pleine charge la charge du moteur quand le convertisseur tourne à vide.

Ainsi, à vide $\alpha = 0°$, $\beta_1 = 2°,5$ (en supposant le déplacement angulaire proportionnel à la charge), Etant donné le rapport de fréquence entre le moteur et le générateur, le décalage à vide $\beta_1 = 2°,5$ correspond à un décalage $\alpha = 5°$ entre la force électromotrice aux bornes du générateur et celle qu'on obtiendrait si les pertes à vide étaient nulles.

A pleine charge, le décalage $\beta = 25°$ du moteur correspond à un décalage de 50° du générateur. Par suite, le déplacement angulaire total entre le voltage du générateur à vide et à pleine charge est égal à $50° - 5° + \alpha = 65°$.

En d'autres termes, si, un groupe transformateur marchant à pleine charge, on veut mettre en parallèle avec lui un autre groupe, la force électromotrice de ce dernier devra avancer de 65° sur celle du premier quand les générateurs seront mis en synchronisme ; cette condition une fois réalisée, les deux transformateurs se répartiront également la charge.

Si les machines à 50 périodes sont synchronisées avant celles à 25 périodes, ces dernières seront décalées de 3,4° lorsque le synchronisme sera réalisé.

Digitized by Google

La mise en parallèle de machines non en phase occasionne un brusque afflux de courant et de grands efforts mécaniques dans les enroulements de stator et d'autres organes, la valeur de ces efforts augmentant avec le décalage relatif des tensions. Si ce dernier atteint 180°, cela équivaut à mettre en court-circuit chaque machine.

Il y a un intérêt évident à réduire au minimum les effets mécaniques, donc à synchroniser d'abord les machines à haute fréquence. Un dispositif plus avantageux encore est de rendre mobile le stator du moteur ou du générateur du groupe transformateur, afin de pouvoir le décaler d'un petit angle. Le stator de la machine qu'on veut mettre en parallèle avec celle déjà en marche pourra ainsi être basculé dans un sens jusqu'à ce que les tensions des générateurs soient en phase, puis dans le sens opposé jusqu'à ce que le transformateur ait pris la charge voulue.

Il est intéressant d'observer que, dans le cas de transformateurs convertissant une basse fréquence en une fréquence beaucoup plus élevée, si l'on met d'abord en parallèle les machines à basse fréquence, le générateur qui doit être mis en circuit peut se trouver décalé de 180° par rapport à celui en charge. Alors, toute mise en parallèle correcte est impossible si les machines n'ont pas de stator mobile ou si l'on ne charge artificiellement la machine à mettre en ligne, avant de la mettre en parallèle

L'auteur étudie ensuite en détail les différents points suivants :

Répartition de la charge ;
Construction des machines pour marcher en parallèle ;
Démarrage ;
Synchronisation ;
Interconnexion des bornes.

Nous nous bornerons à en donner la quintessence.

Répartition de la charge. — Si deux transformateurs de fréquence exactement semblables marchent en parallèle, la totalité de la charge se répartira également entre eux ; tout changement dans l'excitation de l'un n'aura de répercussion que sur son facteur de puissance, le rendement en force motrice restant le même.

Si l'on veut qu'un générateur prenne plus de la charge, il faudra que sa force électromotrice produite soit en avance sur celle de l'autre générateur ; cela s'obtiendra, avec le stator mobile, en le décalant en sens inverse de la rotation.

En général, une division de la charge proportionnellement à la puissance normale est désirable comme donnant le rendement d'ensemble maximum.

Construction des machines destinées à travailler en parallèle. — Les transformateurs de fréquence doivent, dans ce cas, présenter le même décalage de phase entre les forces électromotrices à pleine charge aux bornes du moteur et du générateur, autrement la répartition de la charge variera avec la charge totale. Il convient, en outre, que les tensions des générateurs soient en phase quand celles des moteurs le sont.

La condition est facile à réaliser quand les stators sont mobiles.

S'ils sont fixes, les groupes transformateurs doivent être rigoureusement identiques, au point de vue mécanique, condition difficilement réalisable et à laquelle on suppléera par un réglage au montage.

Démarrage. — Le démarrage se fait par moteur indépendant, accouplé mécaniquement ou par le moteur synchrone (ou par le générateur) à démarrage automatique et auto-synchronisation.

Dans le premier cas, le moteur indépendant est généralement du type à induction à rotor en cage d'écureuil ou à bagues (ce dernier préférable pour les grosses unités en raison de sa plus faible intensité instantanée de démarrage). Le moteur a généralement une paire de pôles de moins que le moteur synchrone du transformateur ; la résistance du rotor est réglée de telle façon que le groupe tourne à une vitesse légèrement supérieure à celle de synchronisme quand le moteur synchrone est excité pour donner la tension normale. La vitesse est finalement réglée par l'excitation du générateur.

Quand on peut se passer du moteur de démarrage, on met en marche par le moteur synchrone qui fonctionne comme moteur à induction. Le stator comporte ordinairement un certain nombre de barres de cuivre noyées dans les plaques polaires et mises en court-circuit aux deux extrémités par des anneaux de métal. Si les pôles sont en acier massif, on peut se dispenser de cette cage d'écureuil, le couple dû aux courants induits dans les faces polaires étant suffisant pour amener la machine à sa vitesse de régime.

Le démarrage se fait à l'aide d'un auto-transformateur à une tension égale à 30 ou 50 pour 100 de la normale, avec une intensité de 95 à 150 pour 100 de celle de pleine charge.

Les bagues du moteur sont mises en court-circuit à travers une résistance pour éviter une haute tension dans les enroulements de champ. Lorsque la vitesse de régime est atteinte, le champ est excité et la machine se met en phase ; le démarreur est amené à la position de tension totale.

Synchronisation. — L'auteur démontre que, quand les moteurs de deux transformateurs de fréquence, synchrones et identiques marchent en parallèle, les tensions des générateurs ne sont pas nécessairement en synchronisme, même à vide.

Le synchronisme correct peut s'obtenir soit simultanément, soit séparément pour les moteurs d'une part, les générateurs de l'autre.

Le premier cas n'est réalisable que s'il existe un moteur de démarrage indépendant. Le mieux est alors d'avoir un synchronoscope à deux aiguilles, une pour chaque fréquence. Quand les machines approchent du synchronisme, ces aiguilles tournent à des vitesses différentes et proportionnelles au glissement respectif des machines correspondantes. Les moteurs seront mis en parallèle quand les deux aiguilles indiqueront simultanément le synchronisme.

Dans le second cas, on met d'abord les moteurs en parallèle, puis on relie le synchronoscope au générateur. L'appareil aura son aiguille stationnaire en une position indiquant la différence de phase entre les tensions aux barres omnibus et au générateur. On renverse alors l'excitation du moteur qui glisse d'un pôle, l'aiguille se déplace. On répète cette opération jusqu'à indication du synchronisme.

Si le moteur est du type à démarrage automatique, le glissement de pôle doit se faire de préférence à voltage réduit pour diminuer le choc sur le moteur et l'à-coup en ligne.

Lorsqu'on met en synchronisme les générateurs, comme il vient d'être décrit, il ne faut pas perdre de vue que la position de l'aiguille du synchronoscope varie avec le débit de la machine déjà en charge, en raison du décalage (dû à la charge) entre les tensions du moteur et des barres omnibus du générateur. On en tiendra compte en munissant le synchronoscope d'un zéro mobile sur une graduation en kilowatt de débit de la machine en ligne, et, avant de synchroniser, on amènera le zéro en face de la graduation correspondant au débit actuel. La synchronisation sera réalisée quand l'aiguille sera devant le zéro.

Digitized by Google

Comparaison entre les transformateurs à induction et les transformateurs synchrones. — Les deux types de machines sont sensiblement équivalents au point de vue du prix de revient, du rendement, de la capacité de surcharge, de la sûreté de fonctionnement, de l'entretien et de l'encombrement, à vitesse de synchronisme égale.

Par suite, le choix entre eux dépend d'autres caractéristiques dont le détail est donné dans le tableau ci-dessous.

	TYPE A INDUCTION	TYPE SYNCHRONE
1° Facteur de puissance du moteur.....	Ne peut être contrôlé et retarde toujours (à moins qu'on n'emploie un dispositif quelconque pour décaler la phase en avant).	Le moteur peut être établi pour une avance ou un retard quelconque du facteur de puissance; il est toujours sous le contrôle de l'opérateur.
2° Réversibilité.....	N'est réversible que si les machines synchrones marchent en parallèle avec les machines d'induction.	Parfaitement réversible.
3° Rapport de transformation de la fréquence.....	Varie légèrement avec la charge.	Constant sous toutes les charges.
4° Courant de démarrage...	Avec moteur à cage d'écureuil : 100 à 150 pour 100 du courant de ligne à pleine charge. Avec moteur à bagues : 30 à 50 pour 100 de ce courant.	Avec moteur à démarrage automatique : 75 à 150 pour 100 du courant de ligne à pleine charge. Avec moteur de démarrage séparé, à induction : 30 à 50 pour 100 du courant de ligne à pleine charge.
5° Synchronisation du moteur....	Ne marche pas en synchronisme.	Pas nécessaire si l'on emploie un moteur à synchronisation automatique; nécessaire avec le moteur de démarrage séparé.
6° Synchronisation du générateur.....	Difficultueuse avec le moteur à cage d'écureuil; facile avec le moteur à bagues.	Simple s'il existe un dispositif basculeur pour le stator; simple mais plus lente s'il n'y en a pas.
7° Répartitions de la charge entre les machines.....	Impossible avec les moteurs à cage d'écureuil; simple avec ceux à bagues.	Impossible avec stator fixe. Simple avec le dispositif basculeur de stator.

Les difficultés d'emploi des transformateurs synchrones de fréquence sont plus apparentes que réelles. Avec des stators tournants, la synchronisation et la répartition de la charge se font aussi et même plus simplement qu'avec les transformateurs à induction. Si les stators sont fixes, la difficulté de synchronisation dépend pour beaucoup du rapport de transformation de la fréquence.

Avec les fréquences usuelles de 25, 40 et 50 périodes, les chances d'obtenir le synchronisme correct sont les suivantes :

De 25	en 50	périodes	1	chance sur	5
40	25	id	1	id	2
25	50	id	1	id	1
50	25	id	1	id	1
40	50	id	1	id	2
50	40	id	1	id	5

Dans tous les cas, le fonctionnement des pôles auxiliaires (slipping poles) s'obtient facilement par renversement de l'excitation du moteur et met rapidement en phase les générateurs pour marcher en parallèle.

L'auteur donne la préférence, dans la plupart des cas, au transformateur de moteur synchrone.

L. D.

La photométrie physique.

1. — Rendement lumineux du rayonnement émis par l'arc électrique [1]. — Nous revenons sur ce travail, déjà signalé dans la « Documentation » du 17 mars dernier, page 86, parce qu'il constitue une nouvelle application très intéressante de la photométrie physique. Nous avons exposé le principe de cet appareil dans plusieurs articles de « La Revue électrique » et nous nous bornerons à rappeler que les radiations de la source dont on veut déterminer le rendement lumineux sont concentrées sur un couple sensible relié à un galvanomètre, également très sensible : 1° après avoir traversé une solution dont la courbe de transmission spectrale est identique à la courbe de sensibilité de l'œil ; 2° directement, sans l'interposition d'aucun milieu. Le rapport des deux déviations donne le rapport cherché, c'est-à-dire, le rapport de l'énergie rayonnée utile pour l'éclairage à l'énergie rayonnée totale.

Mais cette méthode, très avantageuse pour les sources ordinaires, devient d'une application incertaine pour l'arc électrique à cause des variations rapides de l'intensité entre les deux lectures. L'auteur a tourné la difficulté en combinant deux radiomètres (association d'un couple et d'un galvanomètre), le radiomètre I recevant directement le rayonnement de la lampe, le radiomètre II n'étant frappé que par les radiations qui ont traversé le filtre coloré. D'après les constantes des appareils, on a reconnu que, pour rendre les déviations du radiomètre I comparables à celles du radiomètre II, il fallait les multiplier par le coefficient 34,4; ce coefficient ne comprend pas d'ailleurs les corrections relatives à l'absorption des verres et de la cuve.

La figure 1 représente schématiquement le dispositif expérimental adopté. L est la source de lumière à photométrer; B est une boîte en fer-blanc garnie de coton dans laquelle sont logés, côte à côte, les couples T_1 et T_2; G_1 et G_2 sont leurs galvanomètres respectifs; S est la cuve qui contient la solution normale; on lui superpose toujours une autre cuve de 2,5 cm d'épaisseur, remplie d'eau pure pour l'absorption des rayons infra-rouges que laisse encore passer la première; S_1 sont des écrans en carton épais échelonnés dans l'intervalle compris entre L et les appareils de mesure et destinés à protéger les couples contre les rayonnements parasites; celui de ces écrans qui est le plus près de la source est formé d'une tôle de fer de 40 cm × 60 cm et de 4 mm d'épaisseur; enfin le volet S_2, à double paroi.

(1) Enoch Karrer. *Journal of the Franklin Institute*, janvier 1917, t. CLXXXIII, p. 61-72.

Digitized by Google

sert à occulter totalement les radiations issues de L, pendant les pauses. Il comprend un cadre en bois fermé, d'un côté, par une lame de fer-blanc et, de l'autre, par un carton noirci ; le vide intérieur a environ 1 mm d'épaisseur.

Les couples T_1 T_2 sont enfermés, séparément, dans des boîtes en laiton épais. Le premier comprend dix soudures B_i — A_g en série, ayant une résistance totale de 3 ohms et une surface réceptrice de $2 \times 10 = 20$ mm². Le second a

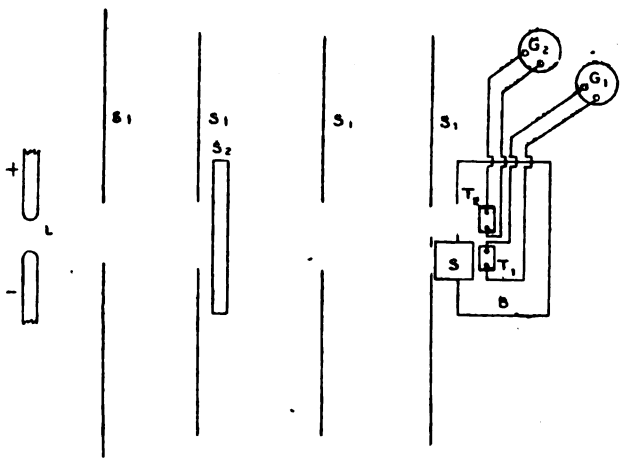


Fig. 1. — Disposition schématique des appareils d'un photomètre physique destiné à mesurer l'intensité lumineuse horizontale d'un arc électrique.

20 soudures B_i— A_g en série, ayant une résistance totale de 12 ohms et un collecteur de $3 \times 22 = 66$ mm².

L'auteur signale qu'en effectuant les conjugaisons C_1 et T_1, C_1 et T_2, C_2 et T_1, C_1 et T_2, les sensibilités relatives obtenues sont bien différentes ; il y a donc un grand intérêt à choisir des couples et des galvanomètres bien assortis.

Toutes les mesures ont été réalisées dans une direction horizontale et à une distance de 1 à 1,25 m de l'arc, pourvu ou non d'habillages ; par conséquent, il faut s'en référer aux conditions expérimentales si l'on désire comparer les nombres trouvés avec ceux indiqués par d'autres opérateurs.

Les mêmes porte-charbons ont servi pour toutes les électrodes ; ce sont des porte-charbons du type « Excello » à charbons verticaux.

Les crayons de trop gros diamètre étaient réduits sur le tour de façon à s'adapter au logement commun.

Le tableau suivant donne le détail des résultats trouvés par l'auteur.

Il est facile d'exprimer par des courbes la relation entre le rendement lumineux de l'arc et la longueur de l'arc, comme l'a fait l'auteur.

II. Courbe de sensibilité rétinienne ou courbe de luminosité de l'œil moyen. — Etant donné le rôle capital que joue cette courbe dans la photométrie physique, nous nous proposons d'indiquer comment les physiciens américains l'ont établie expérimentalement et aussi théoriquement ; puis d'en donner une reproduction.

Supposons que nous ayons formé le spectre d'une lampe à incandescence à filament de carbone. On découpe, dans la région voisine de la raie 0,55 μ, une portion de ce spectre à laquelle correspond une certaine quantité d'énergie que nous pouvons, d'ailleurs, mesurer en projetant la tranche sur un couple thermo-électrique ; puis, nous mesurons l'intensité lumineuse de cette tranche par comparaison avec un

Tableau I.

Numéro de l'arc	Longueur de l'arc cm	Ampères	Volts	Rendement en pour 100
III. — C.C. 110 volts ; charbons durs, $d = 1{,}26$ cm, $l = 30$ cm, volts aux bornes de l'arc, 80.	0,68	6,73	69,8	0,4
	0,68	9,95	62,76	0,56
	0,68	14,41	61,51	0,97
	0,47	4,02	65,76	0,34
	0,47	6,99	57,92	0,44
	0,47	9,05	54,87	0,68
IV. — C.C. arc à flamme jaune ; charbons Columbia minéralisés, négatif $d = 9$ mm, $l = 60$ cm ; positif $d = 10$ mm, $l = 60$ cm.	1,08	6,19	35,79	5,4
	1,08	9,94	32,45	5,3
	1,08	14,27	30,69	7,1
	0,59	6,24	29,25	4,3
	0,59	10,18	25,07	4,9
	0,59	14,55	24,56	5,7
V. — C.A. arc à flamme jaune ; charbons minéralisés, $d = 8$ mm, $l = 60$ cm. Les charbons IV et V fonctionnent normalement inclinés, à raison de 2 lampes en série sur 110 volts ; volts aux bornes de l'arc, 45.	1,33	10,00	36,6	6,9
	1,33	19,93	34,2	8,3
	1,31	10,0	32,0	5,8
	1,08	10,0	29,3	5,7
	0,59	10,0	22,1	4,1
VI. — C.A. arc à flamme jaune ; charbons homogènes, $d = 2$ cm, $l = 35$ cm.	3,01	10,0	49,2	1,58
	3,57	10,0	68,5	2,25
VII. — C.A. arc à flamme blanche ; charbons homogènes, $d = 2$ cm, $l = 35$ cm.	1,60	10,0	47,5	1,15
	3,57	10,00	68,2	7,4
	3,01	10,00	56,0	6,8
VIII. — C.C., arc à flamme blanche ; charbons homogènes, $d = 2$ cm, $l = 35$ cm.	1,6	7,02	46,6	9,5
	1,0	7,43	35,9	1,3
IX. — C.C. arc à flamme jaune ; charbons homogènes, $d = 2$ cm, $l = 35$ cm. (Pour VI, VII, VIII et IX, les matières minérales sont incorporées dans la masse du charbon. Ils sont prévus pour fonctionner en position convergente et en vase clos.)	1,0	7,40	42,0	1,84
	0,6	7,38	45,2	1,93
		Petite anode.		
X. — C.C., lampe à magnétite ; charbon négatif en magnétite ; charbon positif en cuivre.	0,55	7,14	43,7	2
	0,55	4,09	46,5	1,5
		Forte anode.		
Régime normal, 4 à 7 ampères.	0,55	7,29	42,8	7,4
	0,55	4,35	47,4	5,1
XI. — Lampe « Excello » habillée et fonctionnant avec les charbons IV.	s. globe	8,73	59,9	8,6
	a. globe	8,79	50,2	11,4
		Valeur corrigée.		
		8,79	50,2	4,3
XII. — Flamme du magnésium...				7,7

certain étalon. L'instrument qu'il faut employer pour cette comparaison essentiellement hétérochrome est le photomètre à papillotement de E. H. Ives. On prend une autre tranche, par exemple au voisinage de 0,61 μ, qui rayonne la même quantité d'énergie que la première et on mesure aussi son intensité, qui est évidemment différente de la première. On opère de même dans toute l'étendue du spectre visible et on obtient par ce moyen la valeur lumineuse d'une quantité définie et constante d'énergie pour toutes les longueurs d'onde, ou la sensibilité de l'œil correspondant à une même quantité d'énergie émise par les différentes longueurs d'onde.

Pour tracer la courbe de luminosité, on porte en ordonnées les intensités mesurées et en abscisses, les longueurs d'onde (ici en centièmes de μ). Plus généralement, on prend l'ordonnée correspondant à la longueur d'onde du maximum de visibilité égale à 1 (ici 10/10) ; la valeur de cette longueur d'onde est 0,55 μ. On comprend maintenant l'importance de cette courbe dans les problèmes de photométrie, puisqu'elle

Digitized by Google

n'accorde à l'énergie rayonnée qu'une valeur proportionnelle à son action sur la rétine ou proportionnelle à son utilité pour l'éclairage. La courbe en traits et points a été relevée ainsi expérimentalement par H.-E. Ives, qui a pris la moyenne de 150 observateurs pour se rapprocher le plus possible de l'œil moyen.

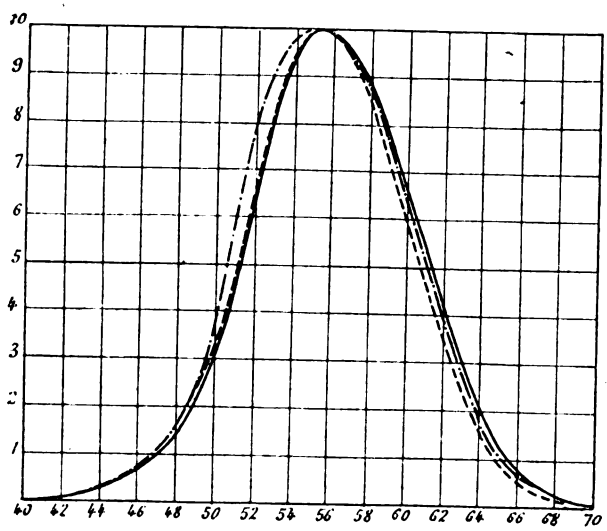


Fig. 2. — Courbes de luminosité : traits et points, courbe expérimentale de Ives; traits, courbe de Nutting; trait continu, courbe spectrale de la lumière transmise par la solution normale.

Nutting a montré que la courbe de sensibilité V_λ était représentée par la formule suivante :

$$V_\lambda = V_m \left(\frac{\lambda_m}{\lambda}\right) e^{\alpha\left(1-\frac{\lambda_m}{\lambda}\right)},$$

dans laquelle V_m représente la valeur photométrique de l'unité d'énergie pour la longueur d'onde correspondant au maximum de visibilité; α est une constante et la e base des logarithmes népériens. Pour les intensités lumineuses ordinairement employées en photométrie, il donne $\alpha = 181$ et $\lambda_m = 0{,}55\ \mu$.

La courbe en traits reproduite sur la figure 2 a été construite d'après cette formule. On obtiendrait une courbe identique avec les valeurs calculées d'après l'expression suivante proposée par C.-F. Kingsbury, pour représenter la courbe de luminosité

$$V_\lambda = 0{,}999(R_1 e^{1-R_1})^{200} + 0{,}4(R_2 e^{1-R_2})^{400} + 0{,}095(R_3 e^{1-R_3})^{1000},$$

dans laquelle

$$R_1 = \frac{0{,}556}{\lambda}, \quad R_2 = \frac{0{,}465}{\lambda} \quad R_3 = \frac{0{,}610}{\lambda}.$$

La photométrie physique n'a donc de sens qu'autant que l'énergie concentrée sur l'œil artificiel constitué par la soudure du couple est capable d'éveiller la sensation lumineuse de l'œil; il faut donc filtrer le rayonnement par un milieu qui ne laisse passer de chaque radiation que proportionnellement à son activité sur la rétine. Cette condition est remplie par la solution suivante que nous appellerons solution normale ou filtre lumineux normal.

Chlorure de cuivre	60 g
Sulfate de cobalt et d'ammonium	14 g
Chromate de potassium	19 g
Acide azotique ($d = 1{,}05$)	15 cm³
Eau	1 litre

Cette solution est versée dans une cuve de 1 cm d'épaisseur; comme elle laisse encore passer des radiations infrarouges, il faut de plus lui associer une cuve contenant de l'eau pure sur une épaisseur de 2,5 cm. La courbe spectrale de la lumière transmise à travers cette solution est représentée en trait continu sur la figure 2. On voit qu'elle est très voisine des courbes de Ives et de Nutting.

Intensité de la réflexion des rayons X et distribution des électrons dans les atomes [1].

Dans la première partie de ce travail l'auteur calcule l'énergie d'un faisceau de rayons X de longueur d'onde définie qui est réfléchie par un cristal. Le résultat est d'accord avec celui établi antérieurement par Darwin et montre que l'intensité du rayon réfléchi dépend, non seulement de l'angle de réflexion, mais aussi de la disposition des électrons à l'intérieur des atomes du cristal réflecteur. — La forme de l'équation relative à l'énergie du rayon réfléchi est indépendante du degré de perfection du cristal et de la longueur des trains d'ondes dont sont formés les rayons X. — Dans la dernière partie de son mémoire, l'auteur fait une étude de la distribution possible des électrons dans les atomes qui rend compte de l'énergie observée dans le faisceau réfléchi de rayons X. Il montre qu'il n'y a pas de distribution possible des électrons qui conduise à la loi empirique de Bragg pour l'intensité de la réflexion; il trouve plutôt que toute formule relative à cette intensité doit dépendre non seulement de l'angle de réflexion mais aussi de la longueur d'onde des rayons incidents. — Il appelle l'attention sur ce fait que les données expérimentales de Bragg indiquent des différences dans la réflexion sur certains cristaux qui peuvent provenir seulement de différences dans la distribution des électrons dans les atomes dont les cristaux sont composés. — Admettant dans chaque cristal un nombre d'électrons égal au nombre atomique et formulant un certain nombre d'hypothèses plausibles relatives à l'arrangement de ces électrons en anneaux, l'auteur a pu rendre compte d'une manière satisfaisante des intensités observées dans les spectres des rayons X. — Quoique les distributions particulières assignées aux électrons dans les atomes de calcite et de sel gemme puissent ne pas être les seules qui rendent compte des intensités observées dans les spectres de rayons X, il semble probable que ces distributions ne sont pas loin d'être correctes. — Les résultats de cette recherche semblent montrer d'une manière concluante que les électrons ne sont pas concentrés à une très petite distance du centre de l'atome, comme on le suppose dans la théorie de structure atomique de Crehore. D'un autre côté, les conclusions sont en bon accord avec la théorie de l'atome due à Bohr.

[1] Arthur H. Compton, *Physical Review*, janvier 1917, 2e série, t. IX, p. 29-57, 12 000 mots, 6 fig., 2 tab.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

Formules des divers tarifs de salaires

Nul n'ignore l'importance de la question des tarifs de salaires; elle a fait couler beaucoup d'encre, produit des flots d'éloquence et un grand nombre de conflits entre ouvriers et patrons. L'auteur de cette note montre que toutes les formules de tarifs de salaires, soit déjà utilisées, soit récemment proposées, peuvent être condensées en une expression générale. La représentation graphique appliquée à ces formules fait nettement ressortir leurs avantages respectifs.

Ces formules tirées des calculs de Bayle, mais débarrassées de tout calcul différentiel ou intégral, expriment le salaire S en fonction des données principales S_0 et S_1 suivantes :

S = salaire à accorder à l'ouvrier;

S_0 = salaire d'affûtage correspondant à la production minimum que l'on exige de l'ouvrier travaillant aux pièces;

S_1 = salaire aux pièces.

Pour simplifier les formules et leur discussion, nous

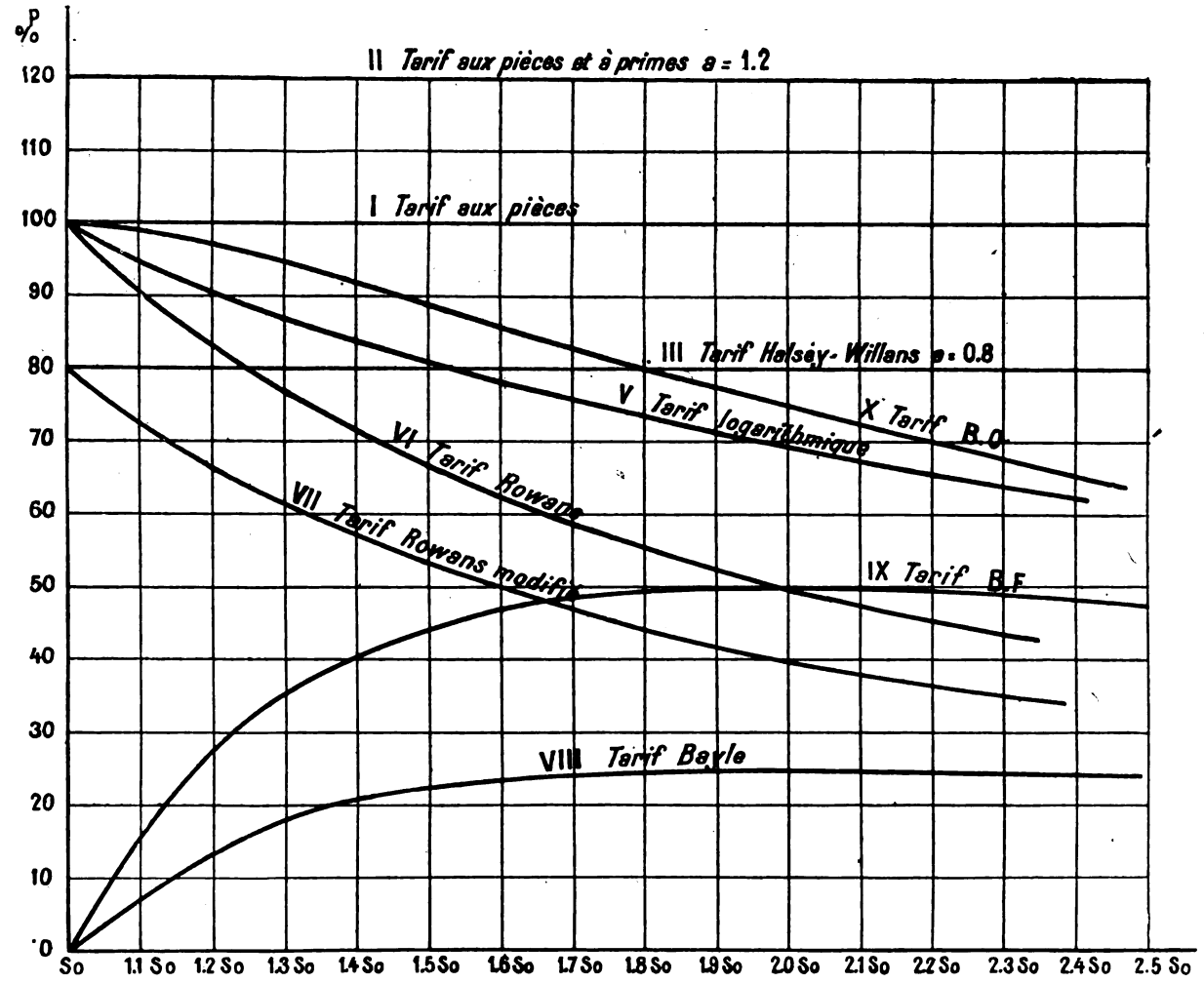


Fig. 1. — Courbes du rapport $p = \frac{\text{Bénéfice payé}}{\text{Bénéfice réalisé}} = \frac{x}{x_1} = \frac{S - S_0}{S_1 - S_0}$ en fonction du salaire aux pièces $S_1 = mS_0$ entre $S_1 = S_0$ et $S_1 = 2S_0$.

Digitized by Google

utilisons les données suivantes qui s'expriment en fonction de ces quantités S, S_0, S_1.

$$m = \frac{S_1}{S_0} = \text{activité},$$

mesure le rapport du salaire payé aux pièces au salaire d'affûtage, c'est-à-dire, par définition, le rapport de la production réalisée à la production minimum exigée pour le salaire d'affûtage.

$x = S - S_0$: Bénéfice payé à l'ouvrier.

$x_1 = S_1 - S_0$: Bénéfice réalisé par l'ouvrier, qui se confond avec le bénéfice payé dans le tarif aux pièces.

$p = \dfrac{S - S_0}{S_1 - S_0}$: Rapport du bénéfice payé au bénéfice réalisé.

$r = \dfrac{S_1 - S_0}{S_0}$: Rapport du bénéfice réalisé au salaire de base ou de l'excédent de production à la production de base.

$t = \dfrac{S_1 - S_0}{S_1}$: Rapport du bénéfice réalisé au salaire aux pièces ou de l'excédent de production à la production réalisée.

Nous faisons de suite remarquer qu'il existe entre ces éléments les relations suivantes :

$$p = \frac{S - S_0}{S_1 - S_0} = \frac{x}{x_1}$$

$$r = \frac{S_1 - S_0}{S_0} = m - 1$$

$$t = \frac{S_1 - S_0}{S_1} = 1 - \frac{1}{m}$$

$$r = mt$$

qui pourront servir à discuter les formules des principaux tarifs.

Ci-dessous les formules de dix tarifs divers, et une

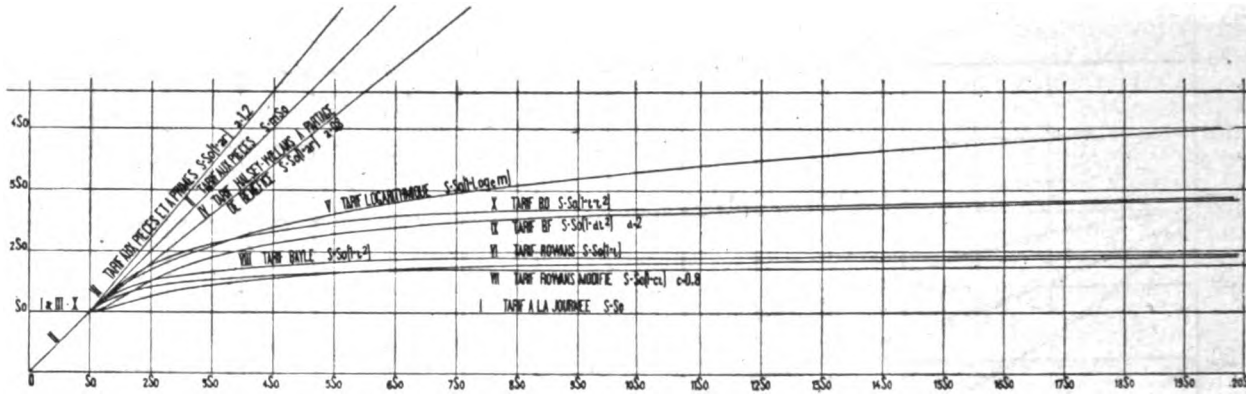


Fig. 2. — Courbes des tarifs de salaires S en fonction du salaire aux pièces $S_1 = mS_0$ entre $S_1 = S_0$ et $S_1 = 20S_0$.

formule générale qui les englobe toutes et permet de voir leur filiation.

I. — Tarif a la journée.

$S = S_0$ — Salaire S constant quelle que soit l'activité.

II. — Tarif aux pièces.

$S = mS_0$ — Salaire proportionnel à l'activité, augmente et $\to \infty$.

$S = S_1$

$p = \dfrac{S - S_0}{S_1 - S_0} = 1$ — Bénéfice payé = bénéfice réalisé, $\to \infty$.

III. — Tarif aux pièces et a primes.

$S = S_0(1 + ar)$ $\quad a > 1$ — Id. — Id.

$S = S_0\left(1 + a\dfrac{S_1 - S_0}{S_0}\right)$

$p = \dfrac{S - S_0}{S_1 - S_0} = a > 1$ — Bénéfice payé > bénéfice réalisé, en rapport constant $a > 1$.

IV. — Tarif Halsey Willans a partage de bénéfice.

$S = a_0(1 + ar)$ $\quad a < 1$ — Id. — Id.

$S = S_0\left(1 + a\dfrac{S_1 - S_0}{S_0}\right)$

$p = \dfrac{S - S_0}{S_1 - S_0} = a < 1$ — Bénéfice payé < bénéfice réalisé, en rapport constant $a < 1$.

V. — Tarif logarithmique.

$S = S_0(1 + \log_e m)$

$\dfrac{S - S_0}{S_1 - S_0} = \dfrac{S_0}{S_1 - S_0}\log_e\dfrac{S_1}{S_0} = \dfrac{\log_e m}{m - 1}$ — Salaire augmente proportionnellement au $\log_e$ de l'activité $\to \infty$, bénéfice payé < bénéfice réalisé; rapport variable $\dfrac{\log_e m}{m - 1} \to 0$.

VI. — Tarif Rowan.

$S = S_0(1 + t)$

$S = S_0\left(1 + \dfrac{S_1 - S_0}{S_1}\right)$ — Salaire augmente avec l'activité, mais $\to 2S_0$: salaire limité, bénéfice payé < bénéfice réalisé; rapport variable $= \dfrac{S_0}{S_1}$ inversement proportionnel à l'activité et $\to 0$.

$\dfrac{S - S_0}{S_1 - S_0} = \dfrac{S_0}{S_1} = \dfrac{1}{m}$

Digitized by Google

VII. — Tarif Rowan modifié.

$S = S_0 (1 + ct)$

$S = S_0 \left(1 + c \frac{S_1 - S_0}{S_1}\right)$

$\frac{S - S_0}{S_1 - S_0} = c \frac{S_0}{S_1} = c \frac{1}{m}$

Salaire augmente avec l'activité → $(1 + c) S_0$, salaire limité ; pratiquement $0 < c < 1$; limité $1 + c < 2$.

VIII. — Tarif Bayle.

$S = S_0 (1 + t^2)$

$S = S_0 \left[1 + \left(\frac{S_1 - S_0}{S_1}\right)^2\right]$

$\frac{S - S_0}{S_1 - S_0} = \frac{S_0}{S_1} \left(\frac{S_1 - S_0}{S_1}\right)$

Salaire augmente avec l'activité → $2 S_0$. Salaire limité comme précédemment. Bénéfice payé < bénéfice réalisé ; rapport variable $\frac{S_0}{S_1} \frac{S_1 - S_0}{S_1}$ < que précédemment → 0.

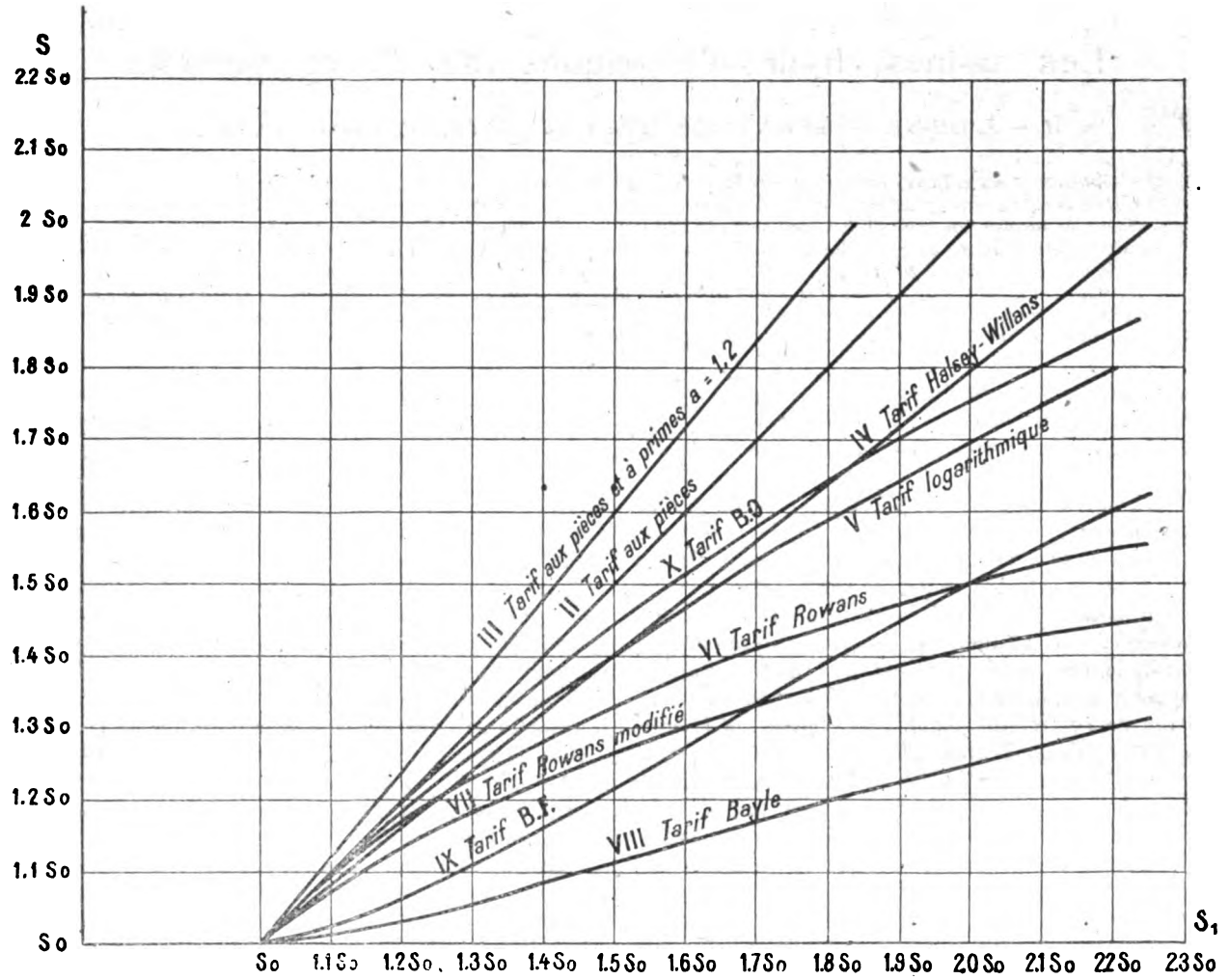


Fig. 3. — Détail des courbes des tarifs de salaires S en fonction du salaire aux pièces $S_1 = mS_0$ entre $S_1 = S_0$ et $S_1 = 2S_0$.

IX. — Tarif BF.

$S = S_0 (1 + dt^2)$ — Id. ..... mais limite du salaire → $3S_0$.

X. — Tarif BO.

$S = S_0 (1 + t + t^2)$ — Combinaison de 6 « Rowan » et de 8 « Bayle ». Salaire → $3S_0$; se rapproche du tarif (2) aux pièces jusqu'à augmentation de production de 25 pour 100.

XI. — Formule générale.

$$S = S_0 \left(\alpha m + \beta \log_e m + \gamma + \delta \frac{1}{m} + \varepsilon \frac{1}{m^2}\right)$$

Pour chaque tarif les coefficients α, β, γ, δ, ε ont des valeurs particulières déterminées. Ainsi :

Tarifs à la journée.

$S = S_0$ — $\alpha = \beta = \delta = \varepsilon = 0 \quad \gamma = 1$

Tarifs proportionnels.

$S = S_0 (1 + ap)$	$a = a \quad \beta = \delta = \varepsilon = 0 \quad \gamma = 1 - a$
$a = 1$ — Tarif aux pièces	$S = S_0 (1 + ap)$
a 1—Tarif aux pièces+primes	$S = S_0 [1 + a (m - 1)]$
$a < 1$—Tarif Halsey Willans.	$S = S_0 (am + 1 - \alpha)$

Tarif logarithmique.

$S = S_0 (1 + \log_e m)$ — $\alpha = \delta = \varepsilon = 0 \quad \beta = \gamma = 1$

Tarifs Rowan.

$\alpha = \beta = \varepsilon = 0 \quad \gamma = 1 + c \quad \delta = -c$

$S = S_0 (1 + ct)$	$S = S_0 (1 + ct)$
$c = 1$ — 1er tarif Rowan	$S = S_0 \left[1 + c \left(1 - \frac{1}{m}\right)\right]$
$c < 1$ — tarif Rowan modifié	$S = S_0 \left(1 + c - c \frac{1}{m}\right)$

Digitized by Google

Tarifs Bayle.	$\alpha=\beta=0\ \ \gamma=1+d\ \ \delta=-2d\ \ \varepsilon=d$	*Tarif BO.*	$\alpha=\beta=0\ \ \gamma=3\ \ \delta=-3\ \ \varepsilon=1$
$S = S_0 (1 + dt^2)$	$S=S_0 (1+dt^2)$	$S = S_0 (1 + t + t^2)$	$S=S_0 (1+t+t^2)$
$d = 1$. Tarif Bayle.	$S=S_0 \left[1 + d \left(1 - \frac{1}{m}\right)^2\right]$		$S=S_0\left[1+\left(1-\frac{1}{m}\right)+\left(1-\frac{1}{m}\right)^2\right]$
$d = 2$. Tarif BF.	$S=S_0 \left(1 + d - 2d\frac{1}{m} + d\frac{1}{m^2}\right)$		$S=S_0\left(3-3\frac{1}{m}+\frac{1}{m^2}\right)$

F. C.

Les usines hydro-électriques de l'État suédois

II. — L'USINE GÉNÉRATRICE D'ÉLECTRICITÉ DE TROLLHÄTTAN

L'auteur continue ses informations sur les ressources hydro-électriques de la Suède, par la description de l'usine génératrice de Trollhättan qui est certainement une des plus belles installations du monde entier ; sa puissance actuelle est de 80 000 ch, répartis entre 8 groupes turbo-alternateurs de 10 000 ch chacun. La puissance nette disponible est de 56 000 kw dont 49 100 kw sont utilisés, soit sur place, soit à distance dans un rayon de 150 km. La tension admise pour la transmission varie de 55 000 v à 3 800 suivant l'éloignement des postes à desservir. Trois nouvelles usines génératrices de 10 000 ch chacune sont prévues dans un délai assez rapproché. La description est illustrée de nombreuses photographies.

Parmi les trois usines hydro-électriques génératrices d'électricité appartenant à l'État suédois que nous allons décrire ici, la plus ancienne est celle de Trollhättan.

C'est à partir de 1908 que l'État est devenu le seul propriétaire des forces hydrauliques de la rivière de Göta, qui écoule à la mer (Cattegat) les eaux du lac Vänern, le plus vaste de la Suède, le troisième en Europe par sa grandeur et dont la superficie est de 5 570 km². Malgré la faible altitude du lac (44 m au-dessus du niveau de la mer), la rivière Göta, qui compte 86,5 km de longueur, a un débit variant entre 320 et 900 m³ : sec. A 14 km de l'extrémité sud du lac Wänern, la rivière forme les chutes de Trollhättan, dont la hauteur totale atteint 32 m. L'usine génératrice d'électricité, construite par l'État sur les chutes, et calculée pour un débit de 250 m³ : sec, a une puissance de 80 000 ch qui pourrait y être portée à 200 000 ch, lorsque la demande de l'énergie justifiera les travaux de la régularisation de la rivière Göta.

Les chutes de Trollhätan comprennent une série de cascades réparties sur plus de 1 km (fig. 1). Au Nord se trouvent les cascades Nol et Gullö, séparées par l'île de Gulön et suivies immédiatement de celles de Tjuf et Toppö, qui se brisent contre l'îlot de Toppön ; ces deux torrents se rencontrent plus bas et forment ensemble la cascade de Stampe ; enfin, la dernière cascade de Helvest est située immédiatement à l'amont de l'usine génératrice. Après les cascades, la rivière forme une sorte de baie demi-circulaire nommée Olidehälen où débouchent les canaux de fuite de l'usine hydraulique installée sur la rive, au pied des rochers qui la dominent, comme le montre la figure 2.

Immédiatement en amont des deux premières chutes, se trouve le barrage, qui repose sur un rocher solide, avec un appui sur l'extrémité de l'île de Gullön. Ce barrage, qui a une longueur totale de 70 m, comprend : au milieu, un barrage mobile de 40 m, formé de deux cylindres de 20 m de longueur et de 3,6 m de diamètre ; à droite, la partie occidentale comprend une ouverture de 19,7 m, formée par 5 vannes doubles juxtaposées et à gauche, l'ouverture orientale de 10,3 m n'est constituée que par une seule vanne du même genre. Les vannes, ainsi que les cylindres, sont manœuvrées électriquement.

L'eau retenue entre dans le canal de dérivation à ciel ouvert, d'une longueur totale de 1 300 m. Le débit est prévu à 350 m³ : sec dans ce canal, sur 350 m de longueur, à partir de la prise d'eau, la section de ce tronçon est de 157 m² ; le débit est de 257 m³ : sec, sur le reste du parcours où la section n'est que de 115 m².

A son extrémité, le canal d'amenée forme un épanouissement (fig. 3) aboutissant au bâtiment de mise en charge comprenant des chambres séparées, une pour chaque conduite forcée.

Entre les vannes qui sont manœuvrées électriquement et l'entrée des conduites forcées, se trouvent des grilles destinées à servir de protection contre les glaces, de la même façon que les grilles installées en tête du canal en amont des vannes de prise.

De la chambre de mise en charge partent huit conduites forcées de 4,25 m de diamètre intérieur et d'environ 62 m de longueur, destinées respectivement à huit turbines de 10 000 ch. Au milieu, entre les deux groupes placés symétriquement, se trouvent trois petites conduites de 1,20 m de diamètre, destinées aux trois groupes d'excitation. Ces différentes conduites sont en tôle ; leur épaisseur varie de 6 mm dans la partie verticale des conduites, jusqu'à 20 mm dans la partie évasée aboutissant à la turbine. Elles sont placées en puits et en tunnel dans le rocher avec un remblayage effectué entre la tôle et le granit. Les figures 4 et 5 montrent les coupes horizontale et transversale de l'ensemble d'installation comprenant les bâtiments des machines et des vannes et les conduites forcées.

Le développement de l'usine génératrice d'électricité

Digitized by Google

Trollhättan se poursuit, comme il était prévu, au fur et à mesure que la demande de l'énergie croît. Ainsi, au commencement, on n'a réalisé que la moitié du projet principal et 40 000 ch seulement ont été utilisés. Plus tard, fut achevée la salle de machines, avec les conduites forcées correspondantes et le barrage; l'usine, de cette façon, fut portée à sa plus grande puissance de 80 000 ch.

Actuellement, la troisième phase est en exécution. Elle comprend l'utilisation du débit supplémentaire de 100 m³ : sec par une nouvelle usine de 30 000 ch. Dans ce but, à partir de l'endroit du changement de la section, le débit est dérivé par la voie du canal de navigation, et 500 m plus loin un second canal d'amenée de 400 m relie le canal de navigation à une nouvelle chambre de mise en charge.

L'usine hydro-électrique comprend, outre le bâtiment des machines dominé par celui de mise en charge, le bâtiment de distribution, situé à 200 m en amont de ce dernier. La salle des machines a 94 m de longueur sur 24 m de largeur. Elle contient huit turbo-alternateurs de 10 000 ch chacun, disposés symétriquement. La figure 6 représente la vue intérieure de la salle des machines. Au milieu, sont placées trois turbines de 500 ch actionnant des dynamos à courant continu, qui fournissent le courant pour l'excitation de huit alternateurs, ainsi que pour le service

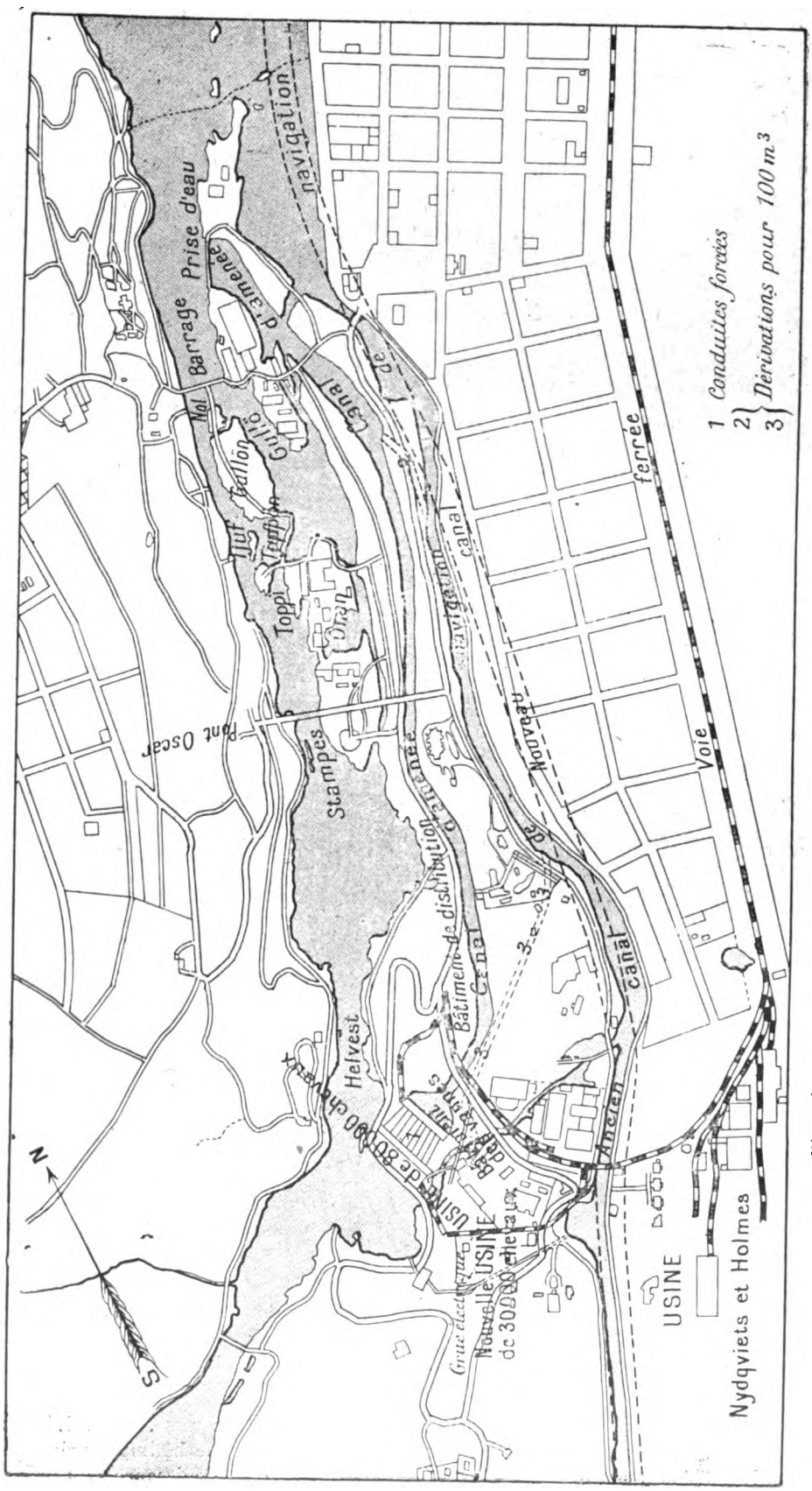


Fig. 1. — Plan d'ensemble de la retenue et de l'usine hydro-électrique du Trollhättan.

Digitized by Google

intérieur. Pour les déplacements des parties lourdes de l'équipement de l'usine ont été installés :

1° Un pont roulant de 60 t assurant le service de la salle des machines;

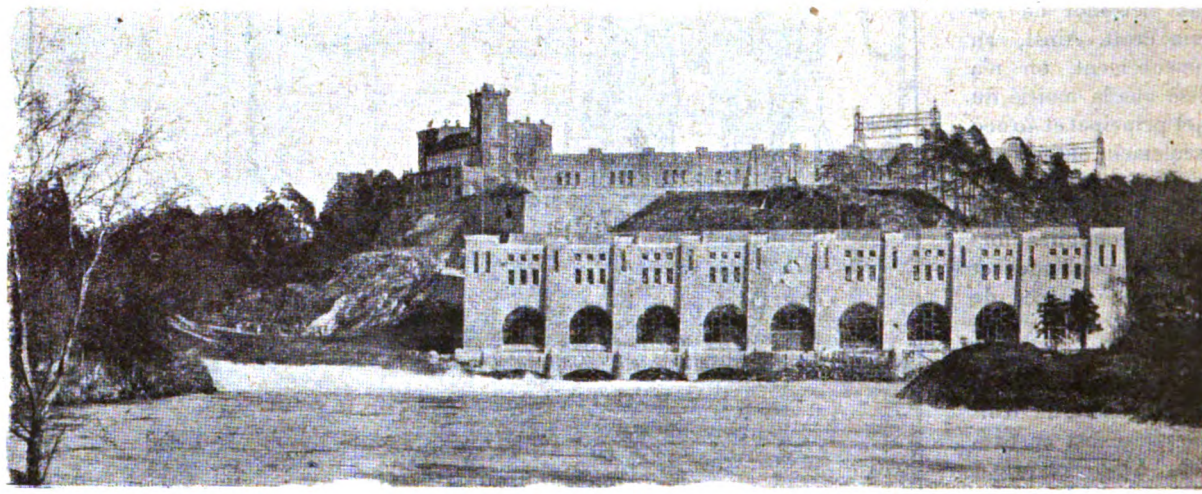


Fig. 2. — Vue générale des bâtiments des machines et des vannes.

2° Une grue électrique de 42 t, placée, comme le montre la carte, à une centaine de mètres de la centrale, et qui sert de liaison entre deux tronçons de voie ferrée, posés, un au niveau de la salle des machines, l'autre

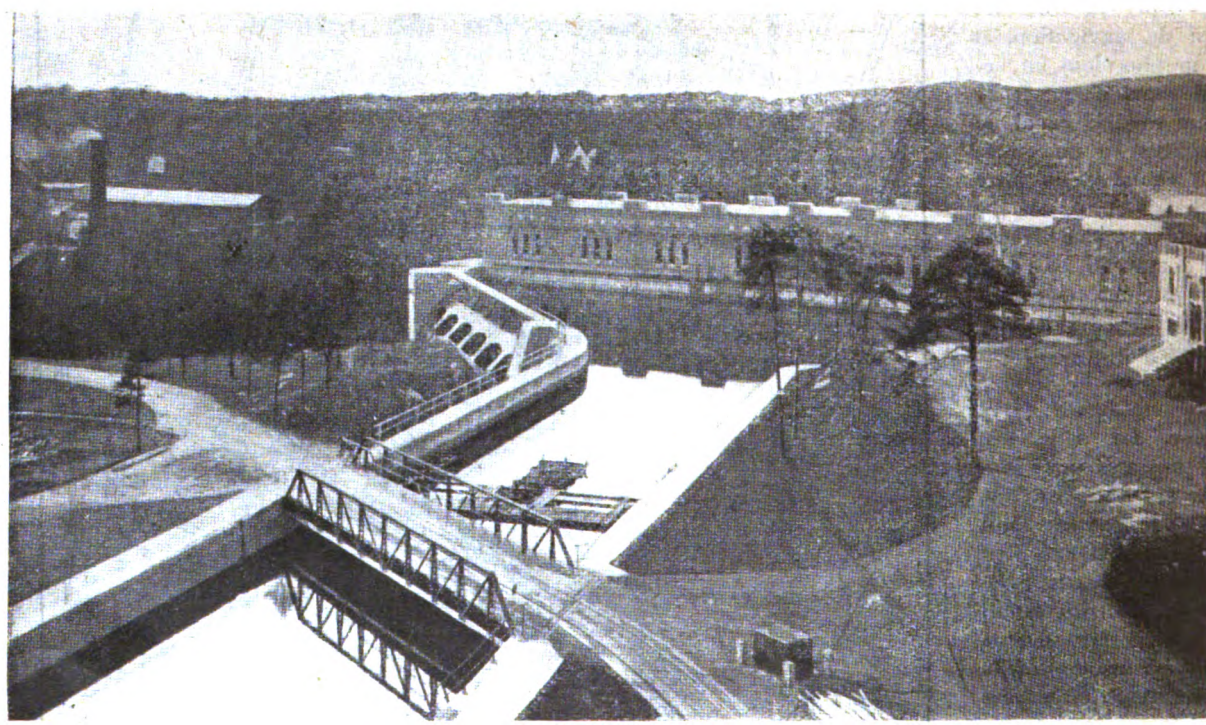


Fig. 3. — Vue du canal d'amenée et du bâtiment des vannes.

30 m plus haut, au niveau de la voie principale de chemin de fer. Cette grue installée sur le pont type cantilever se voit sur la figure 7.

Turbines. — Huit grandes turbines sont installées dans le bâtiment principal et deux sur trois autres de même puissance sont déjà commandées pour le nouveau

Digitized by Google

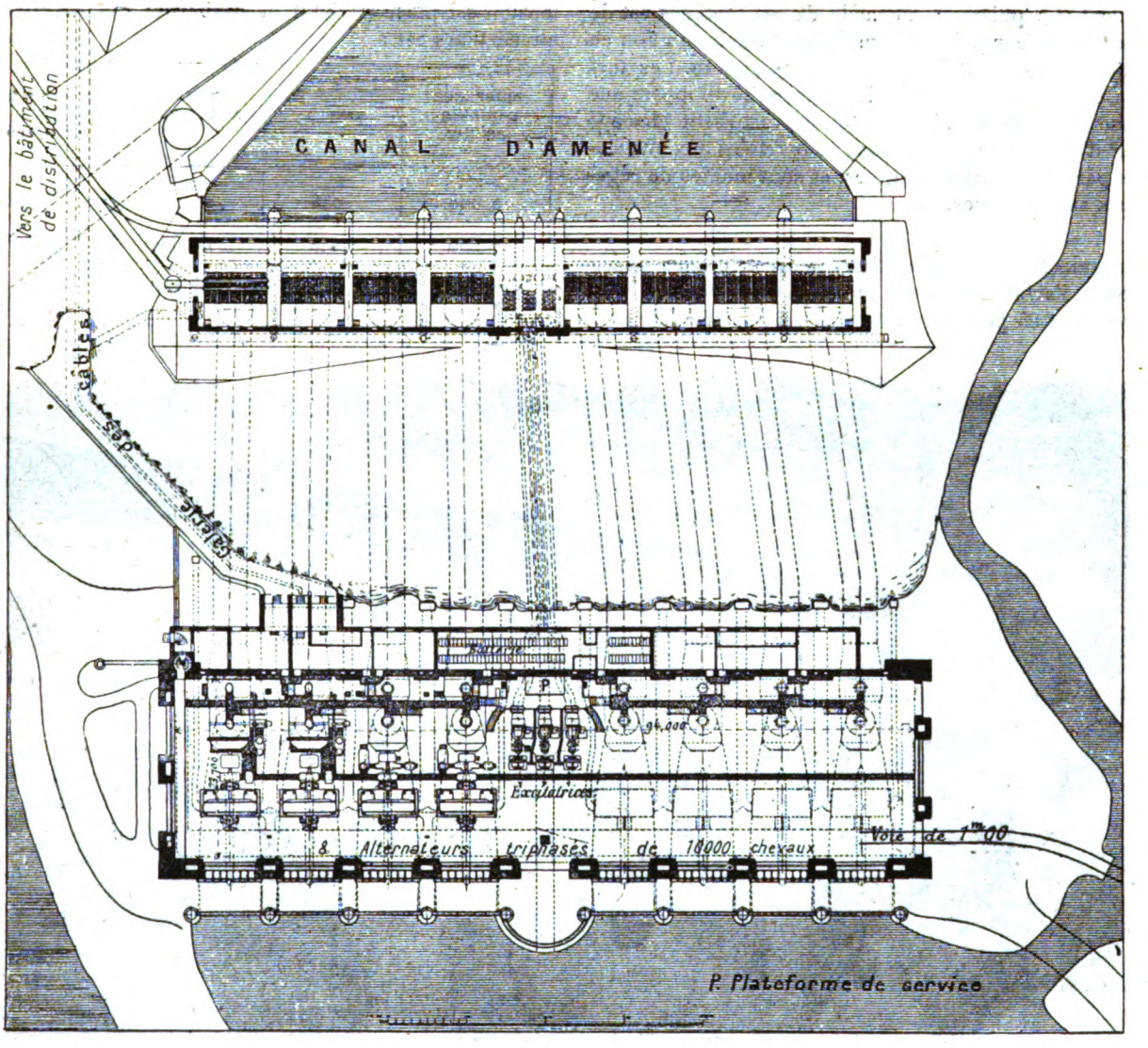


Fig. 4. — Coupe horizontale de l'usine génératrice d'électricité.

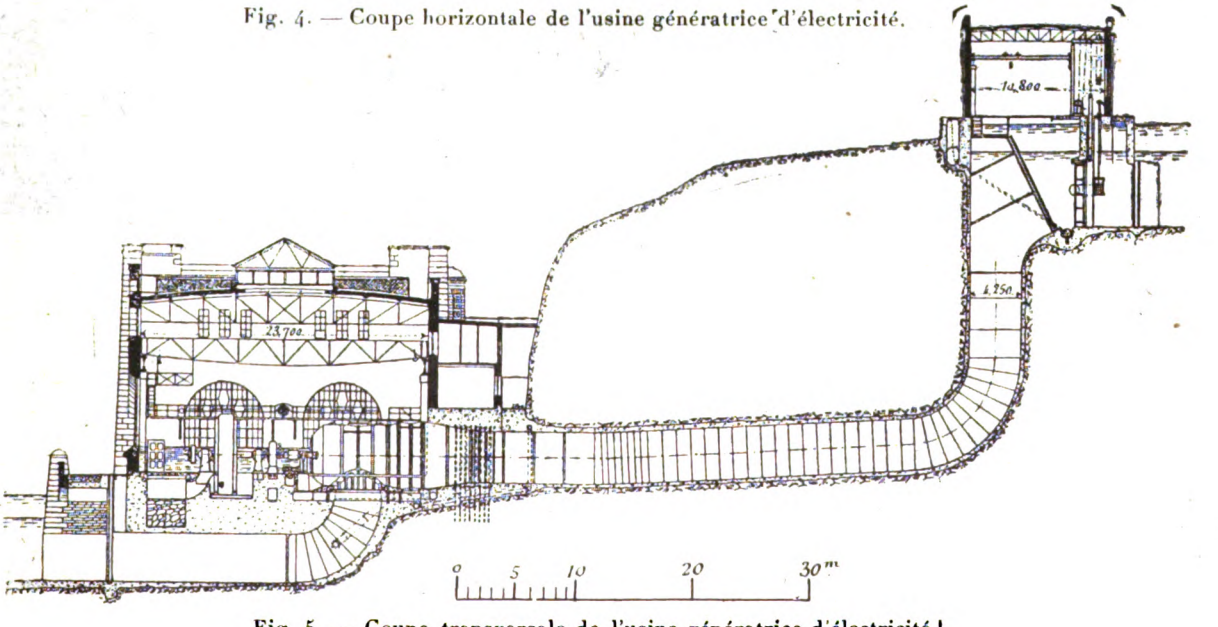


Fig. 5. — Coupe transversale de l'usine génératrice d'électricité.

Digitized by Google

bâtiment. La puissance normale de ces turbines est de 10 000 ch et leur puissance maximum atteint 12 500 ch lorsqu'elles utilisent la chute effective 30,5 m. Les turbines, du type de jumelles à deux roues, développent une vitesse normale de 145 t : min, et absorbent chacune 30 m³ d'eau par seconde. Elles sont reliées aux alternateurs par des manchons rigides, et sont munies de régulateurs automatiques.

Alternateurs. — Les alternateurs triphasés absorbant sur l'arbre 10 000 ch fournissent le courant sous 10 000 v et 25 périodes, cos $\varphi = 0,8$; un régulateur de tension est placé en bout de l'arbre, le rendement des alternateurs est :

PUISSANCE FOURNIE EN KW	COS φ	TENSION AUX BORNES EN VOLTS	RENDEMENT EN POUR 100
9 000	0,8	10 000	96,9
7 200	0,8	10 000	96
4 500	0,8	10 000	94,4

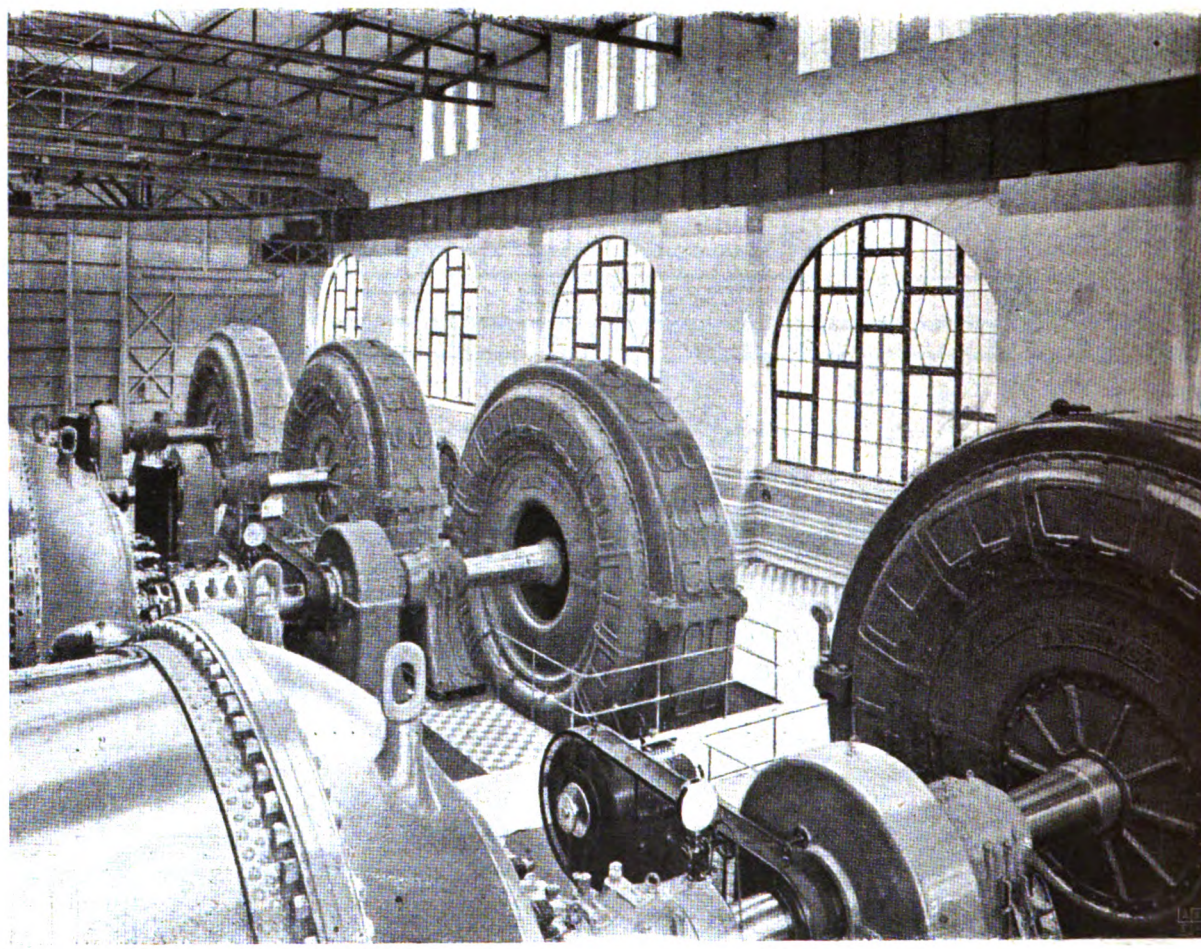


Fig. 6. — Vue intérieure de la salle des machines.

Les alternateurs ont subi des essais d'isolement à la masse et entre les phases, sous 20 000 v pendant quinze minutes, et sous 10 000 v entre les conducteurs de la même encoche. Le poids total d'un alternateur s'élève à 200 t, celui du rotor seul est de 67 t. Dix-sept wagons ont été employés pour le transport de chaque alternateur.

De même que l'élévation de la température maximum ne doit pas dépasser, suivant la garantie, 45° au-dessus de la température ambiante, la perte par échauffement, représente une quantité importante de calories. En effet, en estimant cette perte à 5 pour 100, ce sont donc 500 ch de perdus pour chaque alternateur ou 4 000 ch pour les huit groupes. Pour récupérer cette perte, on a eu recours à la méthode de ventilation suivante : les alternateurs sont complètement cuirassés; les rotors sont munis d'ailettes; l'air n'est pas pris à l'intérieur de la salle, mais est capté à travers des persiennes au sommet des piliers du bâti-

Digitized by Google

ment, il descend à l'intérieur des piliers jusqu'à un canal souterrain qui longe un côté de la salle des machines en se ramifiant sous chacun des groupes. L'air chaud qui sort des alternateurs est canalisé par les mêmes conduits souterrains qui renferment les barres du courant à 10 000 v jusqu'au bâtiment de distribution, situé à 250 m environ; là il est recueilli pour le chauffage des bâtiments et autres utilisations. Un dispositif spécial, par lequel on envoie dans la salle des machines l'air chaud ou froid, permet d'entretenir une température agréable, hiver comme été. Chaque alternateur exige pour son refroidissement 20 m³ d'air froid. Les alternateurs étant complètement cuirassés ne font aucun bruit pendant leur fonctionnement.

Outre les huit turbo-alternateurs et les trois turbo-dynamos, le bâtiment des machines contient : un petit tableau de distribution pour le courant continu, deux salles de batterie d'accumulateurs pouvant fournir 48 000 kw-h pour une décharge de trois heures, des interrupteurs à l'huile pour les alternateurs et les services divers, parmi lesquels une installation d'épurateurs pour l'huile ayant servi au graissage des machines.

Le batiment de distribution. — Les alternateurs sont directement connectés aux interrupteurs dans l'huile automatiques, d'où le courant de chaque alternateur est

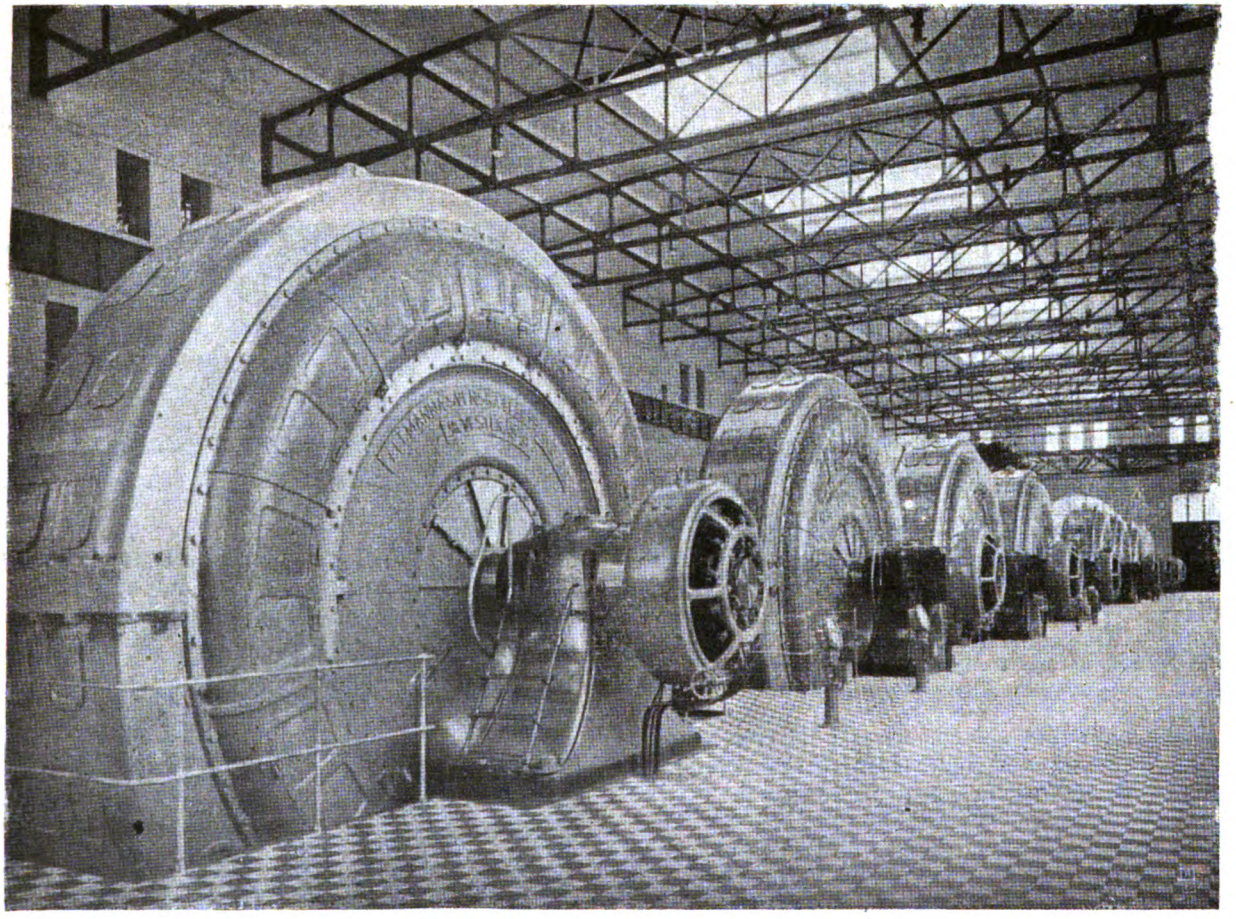


Fig. 6 *bis*. — Vue intérieure de la salle des machines.

envoyé au bâtiment de distribution. Jusqu'à la sortie de la salle des machines, les conducteurs employés consistent en barres de cuivre; mais depuis les galeries les barres sont prolongées par des câbles. Le bâtiment de distribution est muni de tous les appareils modernes destinés à assurer son fonctionnement régulier. Un double jeu de barres omnibus avec de nombreux sectionneurs permettant, en cas de besoin, d'isoler un appareil quelconque pour le contrôle ou pour la réparation. Tout le service et la commande se font de la salle de distribution où sont placés tous les appareils de contrôle et de mesure. Les transformateurs qui se trouvent dans ce bâtiment élèvent la tension de 10 000 à 50 000 v; ils sont plongés dans l'huile, refroidie par l'eau. L'eau chaude ainsi obtenue est utilisée par l'établissement de bains destiné au personnel. A chaque alternateur correspond un groupe de trois transformateurs monophasés dont les primaires sont connectés en triangle et les secondaires en étoile.

L'énergie produite par l'usine génératrice est trans-

Digitized by Google

portée sous 50000 v à Gothenburg (voir fig. 8) et autres centres industriels dont les plus éloignés se trouvent à 150 km de Trollhättan. En outre, la centrale sert à alimenter les usines situées dans son voisinage, dont les plus importantes sont : l'usine de Nydqvist et Holm

Fig. 7. — Grue électrique de 42 t sur le pont cantilever, reliant deux tronçons de voies ferrées.

(turbines hydrauliques, locomotives, pompes et moteurs à gaz), l'usine métallurgique de Strisberg et Biörch ; la fabrique de la pâte de bois et de papier, etc...

FONCTIONNEMENT DE L'USINE GÉNÉRATRICE D'ÉLECTRICITÉ PENDANT L'EXERCICE DE 1915. — Dans le rapport publié récemment par le Département des Forces hydrauliques de la Suède sur le fonctionnement des usines hydrauliques appartenant à l'Etat, nous trouvons des renseignements intéressants sur celui de l'installation de Trollhättan jusqu'à la fin de 1915. Ainsi, la puissance de l'usine hydro-électrique de Trollhättan, qui utilise déjà 80000 ch, sera bientôt augmentée par l'adjonction de trois nouveaux groupes de 10000 ch chacun. Toutes les anciennes installations qui utilisaient quelques chutes ont cessé leur fonctionnement et les usines qu'elles alimentaient autrefois ont été transportées vers les bords de la rivière de Göta, dans la partie navigable qui se trouve en aval de l'usine hydro-électrique. D'autres usines se sont installées dans cet endroit, si bien que l'ancien canal de navigation est devenu insuffisant et qu'on a dû activer l'achèvement du nouveau canal (voir la carte). La description des travaux de ce nouveau canal est donnée par le « Génie civil » dans son numéro du 17 février dernier.

L'exécution du projet principal, c'est-à-dire l'utilisation de 80000 ch a coûté 11,5 millions de couronnes (16,1 millions de francs), tandis que le réseau de distribution est revenu à 5 millions de couronnes (7 millions de francs). En 1915, les dépenses pour l'accroissement du réseau de distribution s'élevèrent à plus de 1 million de francs. Au début de 1914, ce réseau comprenait 620 km se répartissant comme suit :

Lignes	triphasées	de 50000 v.....	220,5 km
—	—	10000 v.....	391,9
—	monophasées	de 10000 v.....	2,1
—	triphasées	de 3300 v.....	55,

Pendant l'exercice de 1915 la charge maximum s'élevait à 49100 kw, tandis que la puissance disponible de

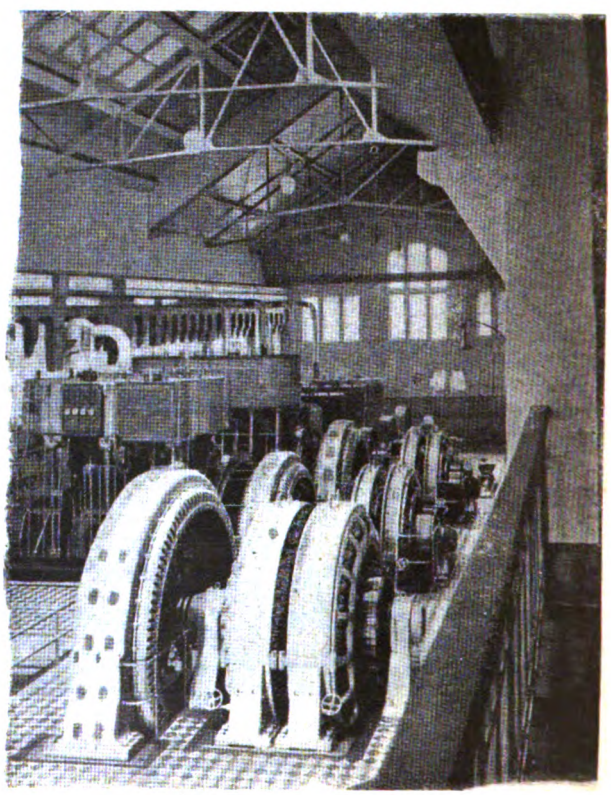


Fig. 8. — Centrale électrique de Gothenburg. Les groupes convertisseurs de 5500 ch alimentés par l'usine hydro-électrique de Trollhättan.

l'usine génératrice d'électricité était de 56000 kw. L'augmentation de la charge par rapport à l'exercice précédent est de 27 pour 100.

L'énergie produite pendant 1915 se répartit comme suit.

Digitized by Google

Pour le réseau dont la fréquence est de :

	kw-h.
25 périodes par seconde.....	279 088 800
50 périodes par seconde.....	33 989.
Réseau à courant continu.....	2 905 745
	282 028 534

8340355 kw-h d'énergie à 25 périodes : sec ont été transformés en énergie à 50 périodes/ sec, le coefficient de transformation étant de 86,8 pour 100.

Vers la fin de 1915, la charge de la centrale était la suivante :

	Nombre.	kw-h.
Transformateurs.....	342	66 222
Moteurs.....	2 742	37 704
Lampes à incandescence.	100 770	3 718
Lampes à arc.....	32	25,5
Appareils de chauffage..	1 151	2 058
Fours électriques.....	39	32 960

L'énergie produite par l'usine génératrice d'électricité de Trollhättan, en 1915, rapportait 0,915 öre (0,13 centime) par kw-h, tandis que son prix de revient n'était que de 0,046 öre (0,065 centime) par kw-h.

En outre, l'Etat suédois a acquis, en 1915, diverses propriétés, chutes d'eau, usines, etc., dans Gothenburg et ses environs pour une somme de 15,7 millions de francs, dans le but d'électrification du chemin de fer d'Etat.

J. VICHNIAK,
Ingénieur E. S. E.

Revues, analyses et informations

Construction et disposition des installations à haute tension (1).

L'objet du présent article est d'examiner, en quelques mots, l'état actuel du développement des installations à haute tension et de passer rapidement en revue les dispositions principales qu'on peut envisager pour exécuter ces installations dans les meilleures conditions.

I. TRANSFORMATEURS. — On construit maintenant ces appareils pour de très hautes tensions, aussi bien pour les installations monophasées que pour les installations triphasées. Pour donner une idée de la construction actuelle des transformateurs, nous citerons ceux installés par la « Tennessee Power Company ». Ce sont des transformateurs triphasés d'une puissance unitaire de 10000 kw; 6600 66000/110000 v. Encombrement : longueur, 6,10 m environ; largeur, 2,13 m environ; hauteur, 5,80 m environ. Ils pèsent chacun approximativement 87 t. Comme ces appareils ne peuvent pas être expédiés tout montés, les cuves sont rivées sur place. Ces transformateurs sont établis avec refroidissement par circulation d'eau Dans les stations hydro-électriques, où l'on dispose de grandes quantités d'eau à bon marché, on se contente de prendre cette eau dans les réservoirs et de la rejeter dans le canal de fuite, mais dans les stations ou les sous-stations où il faut utiliser pour le refroidissement soit de l'eau prise à la canalisation d'une ville, et, dans tous les cas où le pompage de l'eau exige de fortes dépenses, on est obligé d'envisager une installation spéciale pour lui faire parcourir un cycle continu, en la refroidissant après son passage dans le transformateur. Lorsqu'on fait le plan d'une sous-station haute tension, il y a lieu de tenir compte très exactement des tuyauteries de refroidissement, ainsi que des installations pour le filtrage et le pompage de l'huile. En ce qui concerne la construction des transformateurs, on peut dire que les causes de perturbation dues aux porcelaines de sortie sont complètement éliminées et que la construction des cuves s'est suffisamment améliorée pour qu'on n'ait plus à redouter les fuites d'huile. On dispose actuellement, dans toutes les plates-formes d'essais, de transformateurs spéciaux pour les essais d'isolement et de surtension des transformateurs; la tension la plus élevée utilisée jusqu'à ce jour pour effectuer ces essais atteint 750000 v. Pour des tensions aussi élevées, il faut effectuer ces essais dans des locaux tout à fait fermés et verrouiller la porte du local avec l'interrupteur à huile basse tension du transformateur. On élimine ainsi toute cause d'accidents.

Etant données les différences considérables dans les encombrements des transformateurs suivant les constructeurs, il n'est pas possible de déterminer, même approximativement, la place occupée par un transformateur de puissance donnée, comme cela peut se faire pour les convertisseurs rotatifs, les moteurs générateurs et les interrupteurs à huile, par exemple; c'est ce qui explique, du reste en grande partie, les dispositions peu uniformes adoptées dans la construction des stations et des sous-stations à haute tension.

Note du traducteur. — Au sujet des essais de surtension effectués sur les transformateurs, on spécifie bien, dans la plupart des règlements, les tensions à appliquer pendant un temps donné, mais on ne parle pas de la fréquence à observer. Il est bien évident que cette fréquence joue un rôle considérable dans la question. Supposons, par exemple, comme c'est généralement du reste le cas, qu'on veuille appliquer aux bornes d'un transformateur, pendant cinq minutes, à froid, le double de la tension normale; pendant le fonctionnement à vide, dans ces conditions, le courant à vide peut atteindre une très grande valeur à la fréquence normale, étant donné que, généralement, les transformateurs sont construits en admettant des inductions variant entre 13000 et 14000 gauss. Pour éviter des accidents dus à l'élévation exagérée du courant à vide, on pourrait admettre la condition suivante par exemple : on appliquerait, pendant cinq minutes, à froid, aux bornes du transformateur une tension égale au double de la tension normale, mais à une fréquence telle qu'on ne dépasse pas pendant ces essais un courant à vide au plus égal à 1,25 fois le courant normal de pleine charge. Les constructeurs américains admettent en général le double de la tension normale pen-

(1) M. SAMUELS. *The Electrician*, 9 février 1917, p. 570.

Digitized by Google

dant une minute à la température de régime et à une fréquence convenable (suitable frequenz). Remarquons, en passant, que cet essai à chaud est beaucoup plus concluant que l'essai à froid, car, en général, les surtensions sur les transformateurs se produisent pendant leur fonctionnement normal et leurs effets sont très rapides; il paraît donc plus rationnel de diminuer la durée de l'essai de surtension et de l'exécuter à la température de fonctionnement normal, ce qui se rapproche beaucoup plus de la réalité pratique.

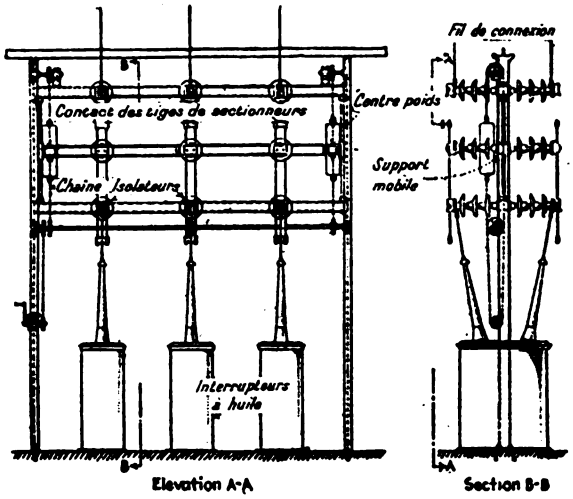


Fig. 1. — Disposition de sectionneurs commandés par chaînes pour la mise hors circuit des interrupteurs à huile.

Montage des interrupteurs à huile. — Les interrupteurs exigeaient autrefois des fondations en béton ou des charpentes en fer, de manière à mettre hors de portée les extrémités de leurs porcelaines. Les nouveaux interrupteurs, au contraire, sont établis de telle sorte qu'on puisse les monter facilement sur des charpentes en tubes ou en fers cornières; ils ne nécessitent pas de fondation spéciale et permettent de descendre facilement la cuve pour des réparations ou des visites. Dans les interrupteurs à huile modernes, lorsqu'on utilise des transformateurs de mesure pour alimenter des appareils de tableaux, on emploie ces mêmes transformateurs de mesure pour actionner les relais de déclanchement; s'il n'en est pas ainsi, on peut utiliser dans ce but des transformateurs spéciaux montés sur les porcelaines terminales des interrupteurs à huile. On renonce en tout cas, de plus en plus, à l'emploi des relais série montés sur isolateurs à haute tension.

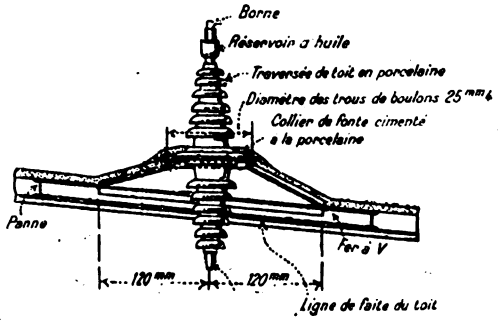


Fig. 2. — Porcelaine pour la traversée des toits.

Perfectionnements dans la construction des sectionneurs. — Les sectionneurs sont généralement utilisés, sauf toutefois dans les systèmes de barres omnibus, pour isoler les interrupteurs à huile lors des réparations ou des visites.

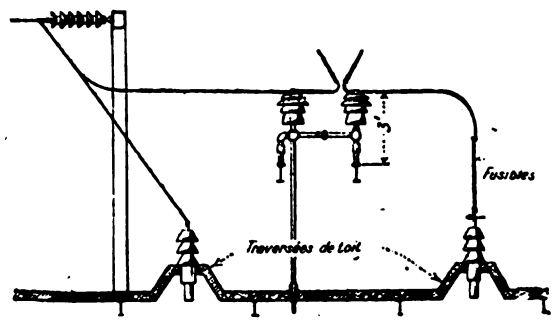


Fig. 3. — Autre système pour la traversée des toits.

Presque tous les systèmes anciens de sectionneurs étaient manœuvrés à la perche isolante. Cette méthode exigeait un espace considérable pour permettre la manœuvre, l'espace nécessaire augmente du reste avec la tension. Dans les stations hydro-électriques, où les fondations sont très coûteuses, cela conduisait à des dépenses énormes; aussi a-t-on été amené à employer des sectionneurs manœuvrables depuis le sol par des mécanismes appropriés. La plupart de ces sectionneurs sont du type à pivot, l'isolateur central peut tourner autour de sa tige de support comme axe; les contacts sont situés au-dessus et au-dessous de l'isolateur central. Cette disposition permet de réduire considérablement l'espace nécessaire pour la manœuvre, mais exige une distance plus considérable entre chaque sectionneur, parce que les couteaux sont disposés de manière à pivoter tous dans le même plan. La figure 1 représente un sectionneur

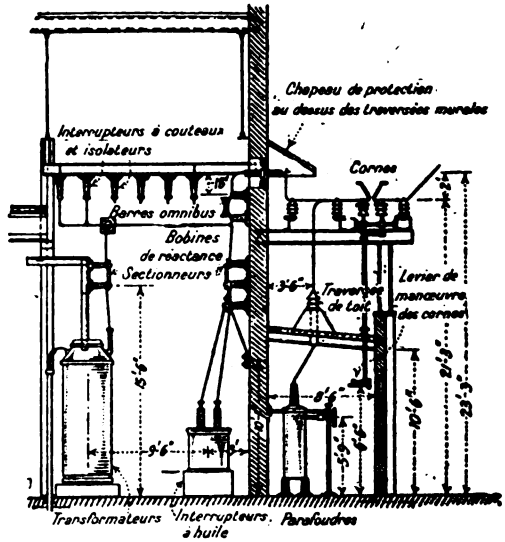


Fig. 4. — Traversées de toits et traversées murales.

Digitized by Google

beaucoup plus commode. L'isolateur central est mobile et entraine le couteau dans son mouvement ascendant ou descendant. Les contacts se font au-dessus et au-dessous de l'isolateur central. Les manœuvres sont effectuées à l'aide d'un mécanisme à chaine approprié.

Méthodes de liaison entre les appareils pour l'intérieur et pour l'extérieur. — Le problème qu'on a à résoudre pour

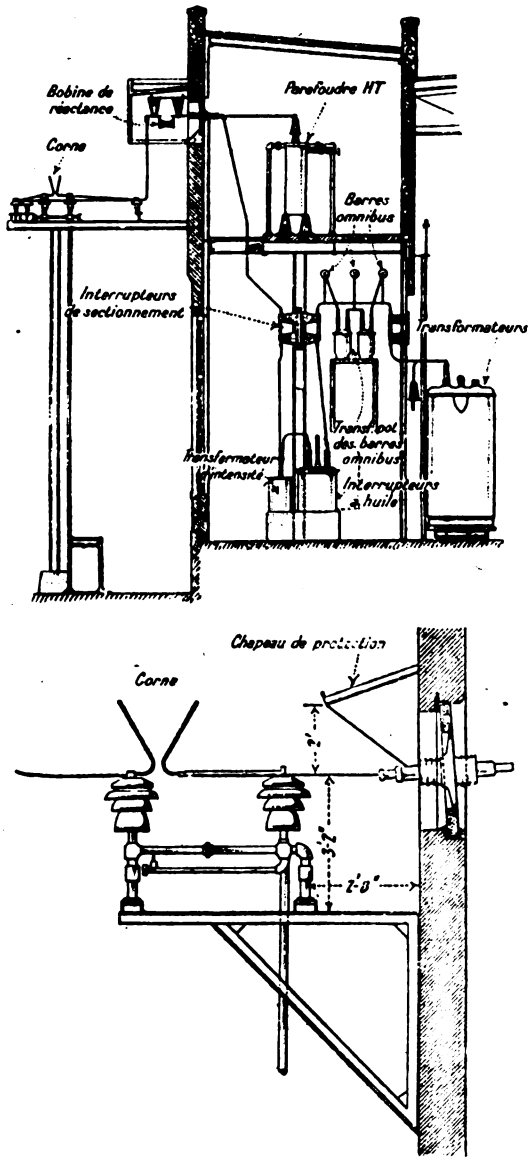


Fig. 5 et 6. — Autres dispositifs pour les traversées murales.

amener un fil haute tension en dehors d'un bâtiment est identique à celui qui consiste à sortir un fil haute tension en dehors d'une cuve de transformateur ; or de même qu'en général, pour les transformateurs, on résout la question à l'aide d'une porcelaine traversant le couvercle, de même, dans les stations ou les sous-stations, on utilise des porcelaines de traversée dans le toit. Dans quelques cas, cependant, on préfère employer des porcelaines de sortie murales. On ne peut pas donner de règles générales à ce sujet, car la disposition dépend essentiellement de l'aménagement intérieur du

TABLEAU I.

TENSIONS MAXIMA	DISTANCE ENTRE PIÈCES SOUS TENSION mm				DISTANCE ENTRE LES BARRES OMNIBUS mm				HAUTEUR AU-DESSUS DU SOL DES PIÈCES SOUS TENSION mm				Distance minimum entre cornes	Distance minimum d'une ligne au-dessus des cornes	Encombrement en plan des parafoudres triphasés	ENCOMBREMENT EN PLAN DES INTERRUPTEURS A HUILE TRIPHASÉS		Longueur des perches pour les sectionneurs à couteaux mm	Hauteur minimum pour les sectionneurs à couteaux mm	Espace minimum nécessaire pour la manœuvre des sectionnements à couteaux mm
	Intérieur.		Extérieur.		Intérieur.		Extérieur.		Intérieur.		Extérieur.					Intérieur. mm	Extérieur. mm			
	Minimum.	Recommandée	Minimum.	Recommandée	Minimum.	Recommandée	Minimum.	Recommandée	Minimum.	Recommandée	Minimum.	Recommandée								
3 300	635	102	153	203	153	203	203	305	51	76	102	153								
7 500	102	115	305	381	229	254	381	457	76	102	127	108								
15 000	127	165	457	534	254	305	508	610	89	127	153	203	1 219	1 524	2 743				2 134	1 677
22 000	190	229	661	762	305	381	915	991	153	191	203	254	1 321	1 829	2 743	660 × 2 083		1 219	2 438	1 981
35 000	305	381	838	915	457	559	1 042	1 220	254	305	280	356	1 524	2 134	3 353	864 × 2 185		1 829	2 540	2 438
45 000	407	483	1 066	1 168	610	686	1 220	1 372	356	407	356	432	1 880	2 439	4 267	1 016 × 2 540	1 219 × 3 150	2 438	3 353	2 896
70 000	610	762	1 524	1 676	915	1 067	1 829	1 981	534	610	584	661	2 489	3 048	5 182	1 219 × 3 150	1 219 × 3 607	3 658	4 572	4 115
90 000	813	940	1 829	2 032	1 219	1 372	2 235	2 438	686	813	737	864	3 048	3 353	6 706	1 524 × 3 607	1 524 × 3 708	4 267	5 182	4 572
110 000	966	1 219	2 032	2 286	1 524	1 676	2 540	2 794	838	965	1 016	1 143	3 048	3 658	7 620	1 778 × 4 572	1 778 × 4 674	4 877	5 791	5 335
140 000	1 270	1 524	2 540	3 048	1 829	2 134	3 353	3 658	1 067	1 270	1 143	1 372	3 556	4 572						

Les distances se rapportent à des conducteurs nus. Les surfaces ne comprennent pas les couloirs de passage. Les encombrements des parafoudres et des interrupteurs sont approximatifs. On a choisi les interrupteurs d'encombrement minimum. Les encombrements des parafoudres s'entendent avec les cornes au-dessus de la cuve pour des parafoudres électrolytiques. Pour les autres parafoudres, les encombrements sont beaucoup plus considérables. Les lignes en blanc correspondent à des appareils pour lesquels les données de construction sont tellement variables qu'il est impossible de donner même une approximation.

Digitized by Google

bâtiment. Pour les tensions de 100 000 v et au-dessus, le poids et l'encombrement des porcelaines de traversée dans le toit doivent être prises en considération lorsqu'on détermine ce toit. La figure 2 représente un bon système de porcelaines de traversée dans le toit. Le collier en fonte de la porcelaine est boulonné à une armature circulaire en fers cornières, fixée elle-même par des jambes latérales en fers cornières aux traverses du toit. La figure 3 représente une autre disposition pour traversées de toit, ainsi qu'une installation de cornes pour extérieur, la tige de commande traversant elle-même le toit. Des traversées de toit et des traversées murales sont visibles sur la figure 4 ; les cornes sont montées à l'extérieur, sur une charpente en fer, au-dessus des parafoudres. Cette disposition de la figure 4 se rapporte à une installation à 35 000 v. Elle montre qu'on peut obtenir un aménagement convenable même dans un vieux bâtiment. Les figures 5 et 6 représentent également des sorties murales.

Comme conducteurs, on n'utilise que des conducteurs rigides, sur des supports bien établis et suffisamment espacés. Le tube de cuivre ou de laiton est préférable au fil. Le tableau I donne les distances minima et les distances à utiliser de préférence entre les conducteurs et les appareils pour différentes tensions.

Les barres omnibus peuvent être disposées horizontalement ou verticalement ; les bobines de réactance doivent être placées aussi près que possible de l'entrée du bâtiment et même, comme dans la figure 5, immédiatement avant l'entrée.

L'éclairage des postes à haute tension est un problème très difficile. On ne peut pas envisager un éclairage uniforme, parce que les appareils d'éclairage doivent être, dans ce cas, placés dans des endroits accessibles généralement peu élevés. Un éclairage diffusé peut être envisagé comme une solution avantageuse. Autrement, il est nécessaire de recourir à des réflecteurs spéciaux et à des lampes dépolies. Il faut prévoir dans la plupart des cas des dispositions pour protéger les filaments des lampes à incandescence contre les effets statiques.

E. P.

Les écoles professionnelles de nos colonies d'Extrême-Orient.

Au moment où l'on se préoccupe de remédier à la pénurie de main-d'œuvre par l'utilisation dans la Métropole des indigènes de nos colonies, il est intéressant de connaître ce qui a été réalisé dans celles-ci en vue d'y former des ouvriers aptes à se servir de l'outillage mécaniqne moderne. Tout récemment, à l'occasion de la dernière Foire de Lyon, M. Paul Wiernsberger, docteur ès sciences mathématiques et directeur des écoles La Martinière, à Lyon (1), a publié une notice où il expose les efforts faits dans ce but dans nos colonies et pays de protectorat d'Extrême-Orient : la Cochinchine, l'Annam, le Tonkin et le Cambodge. Voici les renseignements qu'il donne sur les diverses écoles professionnelles qui y ont été créées depuis une quinzaine d'années.

École professionnelle de Hanoï (Tonkin). — L'Ecole professionnelle de Hanoï a été fondée en 1898, par la Chambre de commerce de Hanoï : 1° pour former des ouvriers habiles à seconder les Européens dans leurs entreprises industrielles, commerciales ou agricoles ; 2° pour aider au relèvement de l'art indigène ; 3° pour favoriser l'introduction dans la colonie de certaines fabrications étrangères.

Les faibles ressources qui lui furent allouées, à ses débuts, ne permirent d'organiser que des cours du soir, partagés entre l'enseignement du dessin géométrique et du dessin à vue. Les locaux se composaient de deux salles aménagées dans une ancienne pagode. Une nouvelle salle de cours fut installée dans les dépendances de la Chambre de commerce et en 1899, grâce à une subvention supplémentaire de l'administration, il fut possible d'ouvrir des cours du jour pour les sculpteurs, les brodeurs et les incrusteurs. En 1900, de nouveaux ateliers reçurent des charpentiers et des forgerons ; l'Ecole s'attachait deux professeurs japonais pour la fonderie d'art et le laquage. En 1902, nouveaux agrandissements et achat d'un matériel important pour l'ouverture d'une section de mécanique. Malheureusement le typhon de 1903 détruisit les bâtiments et il fallut de nouveaux crédits pour leur réédification. Ainsi, par étapes successives, l'Ecole était parvenue à réaliser une partie de son programme, sans toutefois répondre pleinement à sa destination, faute de moyens financiers.

En 1907, un dernier progrès fut réalisé pour amener l'Ecole de Hanoï à son entier épanouissement, par l'édification de nouvelles constructions, ateliers, salles de cours et de dessin, par l'acquisition d'un matériel moderne, et la création d'une section de mécaniciens conducteurs d'automobiles. Le matériel actuel (bois, fer, électricité) est très convenable, bien installé et permet de former des ouvriers capables et même de bons contremaîtres. L'enseignement qui y est donné place cette institution au premier rang, avec l'Ecole des mécaniciens de Saïgon, parmi les écoles techniques de l'Indo-Chine. Elle est dirigée par M. Barbotin, ingénieur E. C. P., auteur d'un rapport remarquable adressé en 1907, à la Chambre de commerce de Hanoï sur l'enseignement professionnel en France, à l'étranger et dans les colonies françaises. Nous avons fait de larges emprunts à ce rapport, pour tout ce qui concerne la période antérieure à 1907.

Depuis la guerre, l'École de Hanoï est utilisée à former ou à dégrossir des ouvriers pour la France. De nombreux anciens élèves sont partis pour la métropole et ont été affectés spécialement à l'arsenal de Tarbes, dans les débuts tout au moins. Actuellement, l'École professionnelle abrite, en outre, l'École spéciale des travaux publics, destinée à former des auxiliaires pour nos conducteurs français. Cette école doit prochainement être autonome et fonctionner dans des locaux spéciaux.

L'École professionnelle de Hanoï est administrée par un conseil d'administration présidé par le président de la Chambre de commerce. Le personnel comprend, outre le directeur, des professeurs faisant partie du service de l'enseignement de l'Indo-Chine et détachés à l'École professionnelle, des chargés de cours, un chef d'atelier, des contremaîtres et répétiteurs indigènes.

L'admission des élèves a lieu par voie de concours : ils doivent être âgés de dix-huit à vingt-cinq ans. En fin d'études il leur est délivré un certificat s'ils obtiennent des notes suffisantes au concours de fin d'année.

Les élèves sortants sont placés par les soins de l'administration, soit chez les industriels, soit aux chemins de fer de l'État ou du Yunnan, soit dans le service des travaux publics, comme surveillants indigènes.

Le régime de l'École est de demi-internat. La durée normale des études est de trois ans. Les cours ont lieu tous les jours ouvrables de 7 h à 11 h et de 14 h à 18 h. Les élèves

(1) M. Paul Wiernsberger est également l'auteur d'un ouvrage, *L'Enseignement technique à l'Exposition de Lyon*, A. Rey, Lyon, 1915, où se trouvent exposés les progrès de l'enseignement technique en France.

Digitized by Google

reçoivent une rétribution mensuelle. L'enseignement théorique et pratique est divisé en deux sections : industrielle et commerciale. La partie théorique, très limitée par rapport à la pratique, comprend la langue française, l'arithmétique, la géométrie, la technologie, le dessin et, pour la section commerciale, la comptabilité, la sténographie et la dactylographie. L'École forme des charpentiers, menuisiers, ajusteurs, mécaniciens, forgerons, serruriers, comptables, dactylographes. Les travaux pratiques occupent environ les deux tiers de l'emploi du temps.

École pratique des mécaniciens asiatiques de Saïgon (Cochinchine). — Fondée en 1906 par M. le gouverneur Rodier qui s'intéressait à tout ce qui peut aider au développement économique de la Cochinchine, l'École des mécaniciens de Saïgon eut des débuts laborieux ; elle réussit grâce à l'appui effectif des plus hautes personnalités de la colonie : MM. les gouverneurs de Lalande, Calan, Outrey, Gourbeil, MM. les contre-amiraux de Marolles, Richard, Foi. L'École des mécaniciens occupa bientôt une des premières places parmi les établissements d'enseignement de l'Indo-Chine, parce qu'elle répondait aux besoins du pays : le rôle que jouent les machines dans l'industrie, l'agriculture, la navigation et les transports devenant de jour en jour plus important, les résultats de cette institution s'affirmèrent rapidement.

L'École des mécaniciens avait d'abord été créée en vue de la formation de chefs mécaniciens et de contremaîtres indigènes ayant des connaissances complètes sur la technique des machines à vapeur plus particulièrement en usage dans la navigation ; certains appareils compliqués n'étant pas employés dans la colonie, le programme à suivre devait être un peu plus simple que celui adopté dans les écoles similaires de France et dépendant du département de la marine. Il devait comprendre trois parties : l'une d'enseignement manuel, pour permettre aux futurs mécaniciens d'exécuter les travaux d'entretien courant des appareils ; l'autre, théorique et descriptive, purement classique, relative à leur fonctionnement, et enfin la formation pratique, la plus importante, se rapportant à l'application effective et raisonnée des deux premières.

L'enseignement à l'atelier et les cours théoriques devaient être professés à l'École ; quant à la partie pratique, les premières notions en seraient données en utilisant le matériel de l'administration locale : chaloupes de la flotille et appareils mécaniques des divers services. Mais c'est surtout dans la marine militaire, où les appareils à vapeur sont plus compliqués et plus variés, que les élèves devaient compléter leurs connaissances techniques et s'imprégner de cette discipline si spéciale au service des machines. C'est à cette conception de l'enseignement pratique donné aux élèves que l'école des mécaniciens doit, en grande partie, d'avoir si bien réussi.

A leur sortie de l'École, les élèves accomplissent un engagement de deux ans dans la marine militaire pour servir en qualité d'ouvrier mécanicien à bord des torpilleurs de la flottille et des autres unités de la division navale de l'Indo-Chine ; au cours de ces deux années, certains acquièrent le grade de quartier-maître mécanicien et le plus grand nombre subissent avec succès l'examen pour l'obtention du certificat de mécanicien breveté local, exigé, sur les bateaux fluviaux, pour remplir les fonctions de chef mécanicien. A l'expiration de leur engagement militaire de deux ans, les anciens élèves de l'École des mécaniciens sont donc capables de rendre d'immédiats et utiles services aux administrations publiques, à la marine de commerce et aux diverses industries du pays.

En raison du développement rapide, dans la colonie, de l'industrie automobile, transports par terre et par eau, production d'énergie génératrice de force et de lumière, etc., la création d'une nouvelle section pour la formation de spécialistes du moteur à explosion ne tarda pas à s'imposer : cette création fut réalisée en 1910. Après les deux années d'enseignement sur les appareils à vapeur, les élèves font une troisième année qui est consacrée à l'étude de l'électricité pratique, des moteurs à explosion. Cette troisième année d'études, qui s'accomplit au moment où les élèves ont déjà sur les mécanismes des notions générales assez développées, en fait des mécaniciens complets dont l'instruction technique, pour nombre d'entre eux, ne laissera plus rien à désirer, lorsqu'ils auront exercé leur métier pendant quelques années.

Les résultats heureux qu'avait donnés l'École des mécaniciens pendant la paix, s'affirmèrent avec plus de force après la déclaration de guerre, qui fit naître parmi le personnel de cet établissement, maîtres et élèves, la plus grande et la plus louable émulation. Dès le début des hostilités, de nombreux élèves et anciens élèves de l'École demandèrent à partir pour la France : en octobre 1916, on ne comptait pas moins de 86 de ces jeunes gens, qui, dans les arsenaux de la métropole à Pont-Long, Cazaux, Tarbes, Saint-Cyr, Toulon, etc., travaillaient à la fabrication du matériel de guerre et rendaient les meilleurs services.

L'École des mécaniciens de Saïgon devait, plus directement dans la suite, participer à l'œuvre de la défense nationale. Les ateliers furent agrandis et leur outillage complété : d'une part, pour préparer des apprentis, en vue spécialement de leur envoi en France ; d'autre part, pour concourir à la fabrication des obus de 75, qui venait d'être entreprise par l'arsenal maritime de Saïgon. Les dispositions qui furent prises permirent de former des volontaires indochinois par contingents de 250 ; grâce à l'habileté native des Annamites, les résultats obtenus furent des plus satisfaisants : en janvier 1917, plus de 500 de ces nouveaux apprentis, en majorité des Tonkinois, étaient déjà partis pour la France. Par ailleurs, environ 550 obus de 75 pouvaient, en décembre 1916, sortir journellement des ateliers de l'École, après avoir subi les quatre opérations d'usinage suivantes : chariotage, lamage de fond, dressage de la tanche et mise d'épaisseur du culot.

Les résultats remarquables, obtenus par l'École des mécaniciens asiatiques, font le plus grand honneur à cette institution. Son utilité est d'autant plus évidente que les applications industrielles du machinisme moderne deviennent, de jour en jour, plus nombreuses en Indo-Chine. Il est à prévoir, qu'après la guerre, la reprise des affaires en France aura pour conséquence de tarir les ressources du recrutement, déjà si difficile, du personnel mécanicien européen de la colonie. C'est à l'École des mécaniciens de Saïgon qu'incombera la tâche de former un personnel asiatique capable de se substituer au personnel européen et de donner satisfaction aux besoins toujours croissants de notre grande colonie d'Extrême-Orient. Ce rôle, l'École des mécaniciens asiatiques est prête à le jouer et les services qu'elle a déjà rendus autorisent à croire qu'elle le fera avec un plein succès. La haute compétence des notabilités qui ont créé cette institution, l'énergique et savante direction de M. le mécanicien en chef Rosel, à qui a été confié le soin de la développer, nous sont de sûrs garants des résultats brillants auxquels elle saura atteindre, dans un avenir prochain.

École professionnelle de Hué (Annam). — L'École professionnelle de Hué, créée en 1900, est destinée à former

Digitized by Google

des ouvriers de divers métiers, charpentiers, forgerons, carrossiers, tailleurs de pierres. Elle comprend un directeur européen et des contremaîtres indigènes. Elle a été dotée, dès le début, d'un budget qui lui a permis de faire l'acquisition d'un outillage assez complet. Cette école est une sorte d'atelier d'apprentissage : des ouvriers indigènes y travaillent à côté des élèves.

Écoles professionnelles de Thudaumot et Bien-Hoa (Cochinchine). — Les établissements de Thudaumot et Bien-Hoa, fondés en 1901, sont aussi des ateliers d'apprentissage plutôt que des écoles professionnelles. Le personnel enseignant y est entièrement indigène. La direction, qui se borne à la surveillance d'ensemble, est confiée au directeur de l'école provinciale. L'enseignement ne comporte que des travaux pratiques, sans enseignement pour le dessin, le français, ni les sciences.

Ces écoles forment des apprentis, ouvriers ou artisans, charpentiers, forgerons, sculpteurs, fondeurs, vanniers, brodeurs. Elles obtiennent des résultats remarquables surtout dans les sections d'art ; les objets fabriqués par les élèves à peu de frais, sont vendus et le produit de ces ventes permet d'équilibrer le budget.

École professionnelle de Saïgon (Cochinchine). — Cette école, créée comme section professionnelle du collège Chasseloup-Laubat, a été réorganisée en 1904. Elle est destinée actuellement à former des ouvriers indigènes pour divers corps de métiers. Placée sous l'autorité du directeur de l'enseignement, elle est dirigée effectivement par un chef d'atelier désigné par le lieutenant-gouverneur et qui prend le titre de directeur. Le personnel comprend des chefs d'atelier assistés par des contremaîtres et des ouvriers indigènes.

Le régime de l'école est l'externat. La durée de l'enseignement est de quatre ans. Il est donné, théoriquement, dans des conférences, et pratiquement, dans des ateliers, conformément à un programme approuvé par le lieutenant-gouverneur. Les élèves *reçoivent* une rétribution mensuelle.

A la sortie de l'école, il leur est délivré un brevet d'aptitude. Les élèves qui, au bout de trois ans d'apprentissage, justifient de connaissances suffisantes, peuvent obtenir l'exeat et le brevet d'aptitude, après avis de la Commission de perfectionnement.

L'école professionnelle de Saïgon possède une installation matérielle complète, une des plus importantes en Indo-Chine.

École professionnelle de Haïphong (Tonkin). — Cette école a été fondée en 1912, dans les anciens ateliers de l'arsenal de la marine à Haïphong, pour former de bons apprentis mécaniciens destinés aux chemins de fer, au service des chaloupes, des automobiles, etc. Elle est dirigée par M. Fioleau, ancien maître-mécanicien de la flotte, et ne compte actuellement que des professeurs et des surveillants indigènes. La durée des cours est de trois ans ; une allocation mensuelle est payée aux élèves.

Cette école pourra donner de bons résultats en formant des ouvriers qui trouveront de nombreux emplois dans l'industrie locale et dans les entreprises minières, qui se développent de plus en plus au Tonkin.

Depuis la guerre, plusieurs élèves sont partis pour la France comme ouvriers, et l'école est utilisée pour dégrossir les ouvriers indigènes recrutés par la métropole.

École professionnelle de Pnôm-Penh (Cambodge). — Cette école, de création récente, admet des élèves cambodgiens et annamites, par moitié. La durée normale des cours est de quatre ans, à raison de 6 heures par jour. L'école délivre un certificat de sortie qui permet aux élèves de trouver des emplois dans l'industrie locale et dans l'administration des travaux publics. Malheureusement, peu d'élèves achèvent leurs études ; ils quittent l'école dès qu'ils ont quelques notions de français et de travail manuel, suffisantes pour gagner leur vie, même modestement. Les élèves *reçoivent* une rétribution du gouvernement.

Les cours théoriques comprennent surtout l'enseignement du français : les élèves arrivent à lire et à écrire suffisamment pour pouvoir suivre des cours très élémentaires. L'enseignement pratique comprend le travail du bois, du fer, la fonderie, la forge, la peinture sur bois, sur assiettes (industries locales et spéciales au pays), dessin cambodgien. Les ateliers sont bien installés et intelligemment organisés ; ils ont un beau matériel moderne, mû mécaniquement : scies, mortaiseuse, toupie raboteuse, pour le bois ; tours, étau-limeur, raboteuse, perceuse, fraiseuses, poinçonneuse, cisaille, martinet, pour le fer. La force motrice est produite au moyen d'une locomobile.

L'école pourrait et devrait donner de bons résultats ; malheureusement on se trouve en présence d'une race qui a toujours méprisé le travail manuel et, malgré les subsides accordés aux élèves, ceux-ci sont peu nombreux.

* * *

Il convient enfin d'ajouter, dit M. P. Wiernsberger, que l'administration se préoccupe actuellement de la réorganisation et du développement de l'enseignement technique en Indo-Chine.

Le projet comporte le rattachement de cet enseignement à la direction générale de l'enseignement de l'Indo-Chine, l'institution de comités locaux de perfectionnement dont les membres seraient choisis parmi les représentants les mieux qualifiés du commerce et de l'industrie. Cette grande réforme est une des plus urgentes qui se présente à la sollicitude éclairée du gouvernement général. Il faut espérer qu'elle sera étudiée avec soin et réalisée avec décision, dès la cessation des hostilités, pour le plus grand bien de notre vaste empire colonial d'Extrême-Orient.

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

Importations et exportations françaises

Le tableau ci-dessous donne les chiffres d'ensemble du commerce d'échanges en matériel électrique de la France avec les pays étrangers; en regard figurent les chiffres comparés afférents aux années 1915 et 1914.

FRANCE. — Matériel électrique.

CHIFFRES OFFICIELS DU COMMERCE SPÉCIAL POUR LES ANNÉES 1916, 1915 ET 1914

PAGES DES DOCUMENTS OFFICIELS		DÉSIGNATIONS	QUANTITÉS EXPRIMÉES EN QUINTAUX MÉTRIQUES			VALEURS EXPRIMÉES EN MILLIERS DE FRANCS		
			1916 (1)	1915	1914	1916	1915	1914
76	IMPORTATIONS	I. Machines dynamo-électriques — pesant 1 000 kg et plus	32 086	10 934	16 276	6 738	2 296	2 441
		— 50 kg et moins de 1 000 kg	23 997	10 466	9 736	7 199	3 140	1 947
		— moins de 50 kg	1 465	1 060	2 178	1 172	848	871
		II. Appareils électriques et électrotechniques — avec enroulement de fil métal. isolé	6 582	2 693	5 922	12 670	5 184	10 364
		— sans enroulement	3 629	1 334	3 328	2 758	1 014	2 829
77		III. Bâtis et carcasses de dynamos	3 884	1 405	67	155	56	3
64		IV. Lampes électriques à incandescence — à filament de charbon	113	5	41	147	7	31
		— à filament métallique	1 267	205	446	3 041	492	1 070
		— sans monture	1		6	3		18
78		V. Lampes à arc et pièces détachées	10	5	74	8	4	37
61		VI. Charbons préparés pour l'éclairage électrique	7 463	5 641	3 011	4 329	3 272	482
78		VII. Fils et câbles isolés pour l'électricité	14 066	3 707	1 346	14 066	3 707	337
		VIII. Induits de machines dynamo-électriques et pièces détachées pour appareils électriques	5 319	2 133	5 210	7 447	2 986	2 084
		IX. Aimants autres que les électro-aimants	73	17	514	18	4	129
80		X. Accumulateurs et pièces détachées	1 625	2 447	726	325	489	94
		XI. Piles sèches	2 080	1 542	665	624	463	133
63		XII. Pièces pour l'électricité en porcelaine, faïence, grès, isolateurs et autres	3 056	2 301	7 681	642	483	1 229
			106 716	45 895	47 227	61 342	24 445	24 099
136	EXPORTATIONS	I. Machines dynamo-électriques et transformateurs	3 384	3 363	11 545	1 015	1 009	2 886
		II. Appareils électriques et électrotechniques	10 855	6 098	8 100	12 158	6 824	9 072
137		III. Bâtis et carcasses de dynamos et de moteurs électriques	15	19	2	1	1	
121		IV. Lampes à incandescence	1 013	1 242	1 422	1 459	1 788	1 706
137		V. Lampes à arc et pièces détachées en fer et en acier	90	192	335	54	115	151
118		VI. Charbons préparés pour l'électricité et pour autres usages industriels	49 346	23 158	43 925	25 759	12 088	6 325
137		VII. Fils et câbles isolés pour l'électricité	6 720	3 546	23 716	1 210	998	4 269
		VIII. Induits de machines dynamo-électriques et pièces pour appareils électriques	2 755	1 834	4 969	3 471	2 311	2 012
		IX. Aimants autres que les électro-aimants	42	51	22	11	13	6
139		X. Accumulateurs électriques et pièces détachées	3 951	4 272	4 313	672	726	660
		XI. Piles sèches						
120		XII. Pièces pour l'électricité en porcelaine, faïence, grès blanc ou de couleur, isolateurs et autres	3 287	2 822	5 597	483	415	627
121		Pièces pour l'électricité en verre	636	198	3 474	71	22	326
			82 094	46 790	107 420	46 364	26 310	28 040

(1) Il a été importé en outre, en 1916, pour le compte de l'armée :

I.	Machines dynamo-électriques pesant 1 000 kg et plus	122 quintaux métriques.
	Machines dynamo-électriques pesant plus de 50 kg	200 »
II.	Appareils électriques, avec enroulement	466 »
	Appareils électriques, sans enroulement	153 »
VII.	Fils et câbles isolés	3 309 quintaux métriques.

Digitized by Google

Si nous passons en revue la statistique des tableaux de l'importation et de l'exportation, nous pouvons faire les observations générales suivantes :

Le chiffre des *exportations* qui, en 1914, avait été de 4 millions supérieur à celui des *importations* avec 28 000 000 fr, était descendu en 1915 à 26 millions, pour atteindre en 1916 la valeur respectable de 46 millions pour le temps de guerre. Mais la valeur des importations a encore dépassé ce chiffre, avec augmentation de deux tiers sur les années 1915 et 1914. Les nécessités de la guerre ont été la cause de cet accroissement considérable d'importation de matériel électrique provenant, en grande partie, des Etats-Unis et d'Angleterre.

Entrons maintenant dans le détail de chacun des articles qui composent les tableaux.

Les *machines dynamo-électriques* à l'importation, en 1916, ont eu une valeur de 15 millions en augmentation des deux tiers sur les années 1915 et 1914, soit 6 700 000 fr pour poids de 1 000 kg et plus et 7 200 000 fr pour poids de 50 kg et moins de 1 000 kg.

Quant à l'exportation, en décroissance de moitié sur le chiffre de 1914, sa valeur n'a été que d'un million.

Le chiffre de l'importation et de l'exportation des *appareils électriques et électrotechniques* a été, de part et d'autre, d'un peu plus de 12 millions, en augmentation de moitié du chiffre de 1915.

Il y a eu peu de mouvement d'échanges dans les *bâtis et carcasses de dynamos et moteurs électriques*, tant à l'importation qu'à l'exportation, la valeur la plus importante ayant été de 155 000 fr à l'importation pour l'année 1916.

La valeur de l'exportation des *lampes à incandescence* qui, en 1915 et 1914, avait été supérieure d'un million à celle de l'importation, a été dépassée en 1916 par l'importation qui a été d'une valeur de plus de 3 millions, portant sur les lampes à filaments métalliques.

L'importation et l'exportation des *lampes à arc et pièces détachées* ont été presque nulles pendant les trois dernières années, l'emploi des lampes à incandescence étant bien définitivement établi.

Les *charbons préparés pour l'éclairage* ont été, en 1915 et 1916, l'article le plus important de l'exportation électrique française. Leur valeur est passée de 6 millions en 1914, à 12 millions en 1915 et à 25 millions et demi en 1916. Par contre, l'importation n'a été que d'une valeur de 4 millions, quoique en accroissement d'un million sur 1915.

L'exportation des *fils et câbles isolés* a été d'une valeur de 1 210 000 fr, en légère augmentation sur 1915 mais de deux tiers inférieure à celle de 1914. Au contraire, leur importation qui, en 1914, n'avait été que de 337 000 fr, est passée, en 1915, à plus de 3 millions et demi et, en 1916, à 14 millions.

Les *induits de machines dynamo-électriques et pièces détachées* ont donné lieu, en 1916, à une importation de 7 millions et demi, supérieure des deux tiers à celles de 1915 et 1914. Quant à l'exportation, avec une valeur de 3 millions et demi, elle a légèrement dépassé celle des années précédentes.

Les valeurs d'échanges des *aimants autres que les électro-aimants* ont été si insignifiantes qu'il est inutile d'en parler.

La valeur d'exportation des *accumulateurs et pièces détachées* s'est maintenue depuis 1914 entre 600 000 et 700 000; elle est supérieure de moitié à celle des importations.

Il a été, en 1916, importé une valeur de 624 000 fr de *piles sèches*, supérieure de 100 000 fr à l'importation de 1915. Il n'y a eu aucune exportation faite pendant les années en référence.

Quant aux *accessoires pour l'électricité, en porcelaine, faïence, grès blanc ou de couleur, verre, isolateurs et autres*, leur valeur tant à l'importation qu'à l'exportation a, de 1914 à 1916, oscillé entre 400 000 et 600 000 fr.

Nota. — Nous regrettons de ne pouvoir continuer à donner dans la présente Revue la reproduction des statistiques françaises du matériel électrique dans ses rapports avec l'extérieur, le gouvernement français ayant décidé de suspendre, à titre général, toute communication relative à notre commerce extérieur depuis le 1er janvier de l'année 1917 en cours.

Désiré Pector,
Conseiller honoraire du Commerce extérieur

Assemblées générales

Compagnie du gaz de Lyon.

Assemblées générales extraordinaire du 14 avril 1917 et ordinaire du 11 mai 1917.

Une Assemblée générale extraordinaire des actionnaires de cette Compagnie s'est réunie le 14 avril pour voter un projet d'augmentation du capital actions.

Le rapport du Conseil d'administration proposant cette opération aux actionnaires commence par rappeler, dans un historique très complet, les étapes successives du développement des affaires de la Compagnie dans ses deux branches du gaz et de l'électricité, ainsi que les accroissements parallèles de son capital actions et obligations.

En 1897, au moment où la Compagnie obtenait de la ville le renouvellement de son traité pour une durée de quarante années, son capital actions venait d'être réduit de 20 millions à 10 millions de francs en même temps qu'elle procédait à l'émission de 10 millions d'obligations.

Le nombre des abonnés du gaz fin 1896 était de 38 800 et celui des abonnés d'électricité de 412, auxquels elle avait distribué 28 millions de mètres cubes de gaz et 38 300 000 hw-h d'électricité.

Passant en revue les traités passés successivement, soit avec la ville et les communes avoisinantes de Lyon, soit avec les deux autres sociétés de distribution d'électricité, les nombreux travaux exécutés dans les usines pour se pro-

Digitized by Google

curer sur place les moyens de satisfaire aux demandes croissantes des abonnés, les ententes avec d'autres sociétés pour aménager des chutes dans la région des Alpes et amener l'énergie hydro-électrique jusqu'au centre de Lyon au moyen des lignes de transport à haute tension, le Conseil fait ressortir que la Compagnie du gaz de Lyon n'a jamais rien négligé pour accroître les moyens de distribution d'énergie électrique et s'assurer le rang qu'elle doit occuper dans la ville de Lyon et les communes suburbaines.

Elle a ainsi contribué puissamment à mettre la cité et l'agglomération lyonnaise en mesure d'accueillir l'afflux des importantes industries qui sont venues s'y installer, principalement depuis la guerre.

C'est ainsi que le nombre de ses abonnés pour l'électricité passait de 412 en fin 1896 à 44216 en fin 1916, année pour laquelle ses ventes de courants s'élevaient à 53749630 kw-h.

Aussi, la Compagnie, estimant que l'ère de son développement dans ses deux branches n'était pas close, a-t-elle jugé nécessaire de prendre dès maintenant des dispositions pour la période qui suivra la guerre par une augmentation de son capital, peu importante il est vrai, et destinée moins à lui assurer de fortes ressources qu'à élever son capital social à un chiffre plus en rapport avec l'importance de son industrie, ce qui lui permettra d'émettre plus facilement des obligations le jour venu.

Le capital social a ainsi été augmenté et porté de 14 millions à 21 millions de francs par l'émission de 28000 actions nouvelles de 250 fr chacune.

La souscription sera réservée de préférence à titre irréductible aux actionnaires anciens à raison de 1 action nouvelle pour 2 actions anciennes.

Les actions seront émises au prix de 275 fr sur lesquels il sera versé en espèces 150 fr. Le solde représentant les deux derniers quarts sera libéré par la répartition entre les actionnaires d'une somme de 3500000 fr prélevée sur la somme de 5600000 fr, montant de la prime versée sur les actions souscrites en espèces lors de la précédente augmentation du capital lorsqu'il fut porté de 10 à 14 millions de francs.

L'Assemblée générale ordinaire annuelle s'est tenue le 11 mai.

Les recettes produites par les installations en location, par la vente du gaz, des sous-produits et du courant électrique ont progressé pendant l'exercice dans des proportions considérables, insuffisantes cependant pour compenser l'élévation exceptionnelle des dépenses générales dues pour la plus grande partie à l'énorme hausse des prix d'achat et des frais de transport du charbon.

La balance du bilan accuse 2195429 fr de bénéfices contre :

En 1915....	2 901 747 fr,	soit en moins	706 318 fr
1914....	3 255 535	—	1 060 106
1913....	4 295 377	—	2 099 948

Après le remboursement des obligations et des dépréciations indispensables, il a été attribué, sur le solde bénéficiaire ci-dessus, 86115 fr à l'amortissement des comptes de premier établissement, et 750000 fr à la provision pour entretien à journée du matériel industriel, 32965 fr aux frais d'administration, 1120000 fr aux actions (soit un dividende de 20 fr par action), et le solde, soit 206348 fr, aux amortissements.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1916.

Actif.

	fr
Terrains et immeubles	6 203 680,13
Usines, bureaux et divers	26 254 756,38
Service extérieur	47 192 915,73
Approvisionnements	3 733 911,47
Acomptes sur travaux en cours	2 455 507,60
Débiteurs divers	6 699 722,07
Fonds et valeurs disponibles	3 796 251,51
Titres en portefeuille représentant les caisses de secours, cautionnements et dépôts du personnel de la Compagnie	680 048,09
	97 036 792,98

Passif.

	fr
Capital social	14 000 000 »
Obligations	25 531 800 »
Amortissement des comptes de premier établissement	8 611 532,27
Réserve statutaire	2 800 000 »
Réserve extraordinaire	6 095 121,24
Provision pour accidents, secours et sinistres imprévus	602 332,51
Amortissements spéciaux et provisions diverses.	30 913 613,74
Créanciers divers	4 606 916,04
Caisses de secours, cautionnements et dépôts du personnel	680 048,09
Profits et pertes de l'exercice	2 195 429,09
	97 036 792,98

Syndicat professionnel de l'industrie du gaz.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ANNUELLE DU 8 MARS.

L'Assemblée générale annuelle du Syndicat professionnel de l'industrie du gaz s'est tenue, le 8 mars dernier, dans les nouveaux locaux du Syndicat, sous la présidence de M. R. Masse, président de la Chambre syndicale.

M. Masse, en rendant compte des travaux de la Chambre syndicale pendant l'exercice 1916, a fait ressortir combien l'industrie du gaz avait été influencée par les événements de la guerre et leurs conséquences économiques. Dans ces circonstances difficiles, le Syndicat du gaz, dans ses relations vis-à-vis de ses adhérents et ses rapports avec les pouvoirs publics, a vu son rôle s'accroître d'une façon exceptionnelle et que justifiait l'importance des intérêts de la corporation. Aussi, de nombreux membres, pénétrés de l'utilité croissante des rapports syndicaux, se sont-ils fait inscrire, pendant l'exercice du Syndicat, qui comprend actuellement des représentants de plus de 90 pour 100 des usines à gaz françaises et dont le nombre des adhérents atteint 270, effectif presque double de ce qu'il était au commencement de la guerre.

Sans entrer dans le détail des services que le Syndicat a rendus à ses adhérents, M. le Président a indiqué l'importance qu'avaient pris les travaux de documentation sous la forme d'envois de circulaires et documents annexés, de publication de notices spéciales, exemples de contrats et de conventions... indispensables aux négociations engagées ou à la poursuite juridique des revendications d'un grand nombre d'adhérents pour le relèvement des prix du gaz.

Les archives syndicales, à la suite des enquêtes ouvertes le plus souvent sur la demande d'un département ministériel, se sont enrichies d'un grand nombre de renseignements d'ensemble, permettant des travaux statistiques, qui auraient été fort difficiles à établir les années précédentes, faute de documents.

Digitized by Google

Les travaux de la commission de contentieux ont également pris une ampleur considérable, en raison des litiges nombreux et qui sont dans toutes les mémoires, que l'exploitation des usines à gaz aura soulevés pendant la guerre. M. le Président, dans son rapport, fait un exposé historique très complet de la question du relèvement des prix du gaz, rappelant tout d'abord l'arrêté classique du 30 mars 1916 du Conseil d'Etat relatif à l'affaire du gaz de Bordeaux, qui a servi de bases aux justes réclamations des sociétés gazières et a permis d'obtenir des conventions amiables avec de nombreuses municipalités pour l'augmentation des prix de vente du gaz; malgré l'opposition de certains maires qui ont obtenu, en particulier, la circulaire du ministre de l'Intérieur du 16 avril 1916; de nombreuses transactions de ce genre ont donné depuis à des sociétés concessionnaires le moyen de rétablir l'équilibre d'une exploitation souvent compromise. Sur cette question si importante des contrats conclus avant la guerre, le projet de la loi Failliot apportait d'équitables solutions; malheureusement de récents amendements en ont altéré profondément le caractère.

Enfin, après la question du relèvement des prix du gaz, celle de l'approvisionnement du charbon a été la plus grave pour les sociétés gazières. En maintes circonstances, les bureaux de la Chambre syndicale ont été vis-à-vis des ministères et de leurs services le porte-parole des réclamations de ses adhérents sans que, malgré ses efforts, une amélioration bien réelle ni bien durable ait été obtenue. M. le Président en indique les causes bien connues, et après avoir rappelé les services rendus pour la répartition des cokes par le comité des cokes de France, et avoir esquissé le régime de guerre actuellement établi pour la vente des sous-produits, si nécessaires aux fabrications de guerre, il donne un large aperçu de l'avenir qu'il convient de prévoir et préparer pour rétablir sur des bases stables l'industrie gazière autrefois si prospère en France et qui aura été si cruellement éprouvée par la guerre.

Société des forges du Fier.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 26 AVRIL.

Le bénéfice brut de l'exercice s'est élevé à 363586 fr contre 299567 fr en 1915 et 322152 fr en 1914.

Cette amélioration provient principalement des plus-values enregistrées sur les ventes d'énergie aux usines de guerre métallurgiques et électro-chimiques compensant la situation difficile créée par la hausse du charbon à l'exploitation du gaz.

Les amortissements de l'exercice ont été calculés suivant les règles habituelles de la Société et ont été fixés à 161236 fr, en augmentation de 11000 fr sur ceux de 1915.

Le bénéfice net à répartir ressort à 112348 fr, auquel il faut ajouter le report de 1915, soit 21952 fr.

Le Conseil a décidé de répartir un dividende brut de 5 pour 100 à toutes les actions (contre 5 1/2 pour 100 en 1913, 4 pour 100 en 1914 et 3 pour 100 en 1915) et de reporter à nouveau une somme de 27441 fr.

A l'instigation du ministère des Munitions, la Société a continué d'accroître ses moyens de production de l'énergie en acquérant des droits de riveraineté pour l'utilisation de la chute de Chavaroche sur le Fier et en étudiant en commun avec la Société hydro-électrique de Lyon une liaison électrique de toutes les chutes du Fier ainsi que celles des chutes du Thion.

La production totale d'énergie électrique a été de 12 millions de kw-h pour une puissance maximum presque constante de 2400 ch.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1916.

Actif.

	fr
Frais de premier établissement	460 647,71
Concession du gaz	5 000 »
Immeubles et usines	1 601 386,55
Nouvelle chute	31 878,06
Participation Aix-les-Bains	657 000 »
Matériel et mobilier	13 995 »
Réseaux	1 725 412,82
Branchements et installations gratuites	266 117,88
Appareils en location	154 120,85
Magasins et approvisionnements	140 764,18
Caisse et banque	160 604,37
Débiteurs divers	171 320,93
Avances diverses	17 239,64
Portefeuille	78 001 »
	5 482 489,49

Passif.

	fr
Capital actions	2 000 000 »
Capital obligations	2 000 000 »
Gaz. Action non acquise et dividende arriéré	689,62
Créanciers divers	182 633,09
Retraites ouvrières	2 585,65
Dividendes arriérés	5 231,40
Réserve légale	53 295,92
Réserve extraordinaire	130 000 »
Provision pour sécheresse	45 000 »
Amortissements	928 753,66
Profits et pertes exercice 1916	112 348,38
Reliquat 1915	21 951,77
	5 482 489,49

Revues, analyses et informations

Chambre de commerce.

CHAMBRE DE COMMERCE DE LONS-LE-SAUNIER. — La Chambre de commerce préconise, par assimilation aux mesures de même genre prises en Suisse, l'interdiction par la loi à toute maison de commerce de faire figurer dans sa raison sociale les mots : « France », « Français », « National », qui doivent être réservés à des institutions officielles.

CHAMBRE DE COMMERCE DE MARSEILLE. — L'administration des travaux publics a saisi la Chambre de commerce de Marseille d'une demande émanant d'un consortium d'entreprises et sollicitant un emplacement sur l'étang de Caronte, pour y créer des installations destinées au débarquement du charbon de la Compagnie des chemins de fer P.-L.-M. La Chambre de commerce estime que cette concession, en présence de la création éventuelle d'un bassin maritime dans l'étang de Caronte, ne saurait être accordée que sous certaines conditions de forme, d'étendue et d'exploitation seules compatibles avec les prérogatives de la Chambre de commerce.

Digitized by Google

SECTION DE LÉGISLATION

La réquisition des usines et la régie intéressée

DISCUSSION AU PARLEMENT

Bien que les lignes que l'on va lire ne soient pas consacrées exclusivement à une question d'électricité, elles sont susceptibles d'intéresser beaucoup d'industriels qui, employant le courant électrique, travaillent pour la Défense nationale. Les diverses modifications qui seront apportées à la loi dite de la contribution des bénéfices de guerre par le texte nouveau, s'il devient à son tour une loi, doivent être signalées à nos lecteurs.

La Chambre des députés a commencé, au mois de février, la discussion d'une proposition de loi que les journaux désignent couramment sous l'appellation de « Proposition Mistral-Voilin » unissant ainsi les noms du député promoteur et du député rapporteur; plusieurs séances ont été consacrées à l'étude de ce texte, et, sans prendre aucun parti, uniquement pour renseigner nos lecteurs sur ce qui a été dit, nous nous proposons d'analyser les phases de la discussion. Mais il importe tout d'abord, sous peine d'être difficilement compréhensible, de remonter aux origines, c'est-à-dire à la rédaction des différents textes qui se sont succédé pour arriver à celui qui vient d'être lu au Palais-Bourbon.

I. TEXTES PRÉLIMINAIRES. — Personne n'ignore que les réquisitions en temps de guerre (ou de mobilisation, soit partielle, soit totale), sont actuellement régies par deux lois principales. La première est du 3 juillet 1877, la seconde du 23 juillet 1911; la première était et est restée la loi fondamentale, le texte organique de la matière; mais elle n'a guère visé que les réquisitions des objets nécessaires *au logement ou au cantonnement* des troupes, en instituant des commissions spéciales pour trancher la question des indemnités dues; les seuls articles statuant sur une réquisition *industrielle* ne sont relatifs qu'aux Compagnies de chemins de fer qui sont tenues, par le fait même de la mobilisation, de mettre à la disposition du ministre de la Guerre toutes les ressources en personnel et matériel qu'il juge nécessaires (art. 29 et suivants); les prix de cette réquisition sont réglés d'après le décret du 2 août 1877 dont l'article 58 déclare « que le prix des transports de l'Etat sera réglé conformément au cahier des charges, et, dans le silence du cahier sur ce point, sera fixé à la moitié du tarif normal ». Quant à l'emploi des machines, voitures, wagons provenant des Compagnies dont la direction militaire peut avoir besoin, il donne lieu à une indemnité fixée par un décret rendu en Conseil d'Etat.

La seconde loi est intervenue le 23 juillet 1911, pour compléter la première, en y ajoutant l'article 58 qui vise la mobilisation des établissements industriels; l'autorité militaire est investie du droit de réquisitionner d'abord la production que peuvent donner les usines et d'interdire à l'exploitant de faire aux tiers des livraisons des matières, produits, et objets de la nature de ceux qui sont réquisitionnés. Au cas où les éléments de production lui paraissent insuffisants, l'Etat peut passer à une réquisition du second degré qui porte alors sur l'établissement lui-même, afin d'en assurer l'exploitation par ses propres moyens. Un inventaire a lieu avant la remise de l'établissement dont l'exploitation peut être suivie par le propriétaire, à la condition qu'il ne l'entrave pas; et c'est l'Etat qui *dirige* industriellement: les indemnités dues pour cette dépossession sont estimées au premier degré par des commissions composées de membres civils et de membres militaires, avec majorité de membres civils et possibilité d'appel devant la juridiction de droit commun.

Le 6 août 1915, M. Mistral déposait à la Chambre des députés une proposition de loi qui, inscrite sous le numéro 1187 et renvoyée à la Commission de l'armée, contenait le principe suivant, aujourd'hui abandonné : toute fourniture pour l'armée et la marine, matériel de guerre, etc., n'aurait été légalement possible *que dans des usines réquisitionnées*. La différence proposée par le nouveau texte et le régime ancien, consiste dans ce fait que la réquisition, considérée autrefois comme une faculté et même une exception, doit devenir la règle : la direction sera confiée au patron de l'usine, s'il n'est pas mobilisable, ou à l'Etat lui-même, s'il est mobilisé; l'indemnité pour la direction sera de 20 pour 100 des salaires lorsque le total ne dépassera pas 100 fr et de 2 pour 100 lorsqu'il sera supérieur à 1000 fr. L'indemnité pour frais généraux est calculée sur la valeur locative des immeubles et de l'outillage; les petits patrons travaillant eux-mêmes comme ouvriers, avec un ou plusieurs collaborateurs, ont droit, en plus des indemnités de direction, au salaire de l'ouvrier; enfin, la main-d'œuvre des militaires requis de travailler dans les usines est payée au même prix que celle des civils de la région.

Le rapport fait au nom de la Commission de l'armée

Digitized by Google

par M. Voilin fut déposé le 10 février 1916. Il s'écarte de la proposition Mistral sur bien des points et explique les différences : le système de M. Mistral faisait passer toutes les usines entre les mains de l'Etat, sous le nom de *régie directe* ; l'Etat assumait la lourde charge de les faire fonctionner par lui-même et devenait débiteur de l'indemnité due à l'industriel pour suppression de possession ; il a paru à la Commission préférable de soumettre les usines travaillant pour la Défense nationale à un contrôle technique et financier : le contrôle *technique* s'exerce par des agents qui surveillent la production à ses différents degrés ; réception et utilisation des matières premières fournies par l'Etat, emploi de la main-d'œuvre, réception des produits. Si le contrôle estime que la production est insuffisante, le ministre nomme un conseiller technique ; et, si ce conseiller est impuissant à activer la marche de l'établissement, la réquisition complète a lieu, avec indemnité fixée par une Commission composée pour moitié des représentants du propriétaire et pour l'autre moitié de délégués du ministre.

Le contrôle *financier* est beaucoup plus compliqué ; il est organisé à côté de tout établissement travaillant pour la guerre (art. 10) pour surveiller toutes opérations de comptabilité et de caisse ayant trait à l'exécution des commandes et marchés pour fournitures de guerre : il est assuré par des agents du ministère des Finances, qui auront pour but de constater (art, 11), en se faisant remettre toutes pièces comptables, lettres et documents, si la comptabilité des établissements est bien tenue en conformité d'un règlement d'administration publique que le ministre des Finances rédigera.

Le contrôle ainsi assuré aura pour but de constater quel est le taux du bénéfice annuel ; car (art. 13), si le taux de ce bénéfice excède un bénéfice normal qui va être défini, la partie supérieure à ce taux appartiendra à l'État.

Le taux normal se compose d'abord du bénéfice moyen des deux dernières années avant la guerre, auxquelles on ajoute un cinquième ; c'est le bénéfice de base qui, toutefois, ne peut être inférieur aux 6 pour 100 ni supérieur aux 12 pour 100 du capital engagé. Il pourra être accordé un bénéfice spécial de base pour les usines transformées et agrandies ; c'est le ministre des Finances qui le fixera, après examen des bilans et des comptes et, en cas de contestation, une Commission arbitrale composée d'un juge au tribunal civil de la Seine et de deux arbitres, désignés l'un par l'État, l'autre par l'industriel, le fixera sans appel (art. 14).

A l'expiration de toute commande et de tout marché, il sera procédé à l'examen du bénéfice net obtenu : il est établi après déduction de tous frais généraux (main-d'œuvre, frais de direction, administration, surveillance, entretien et outillage), intérêts des capitaux non compris ; c'est l'inspecteur des Finances qui juge les réclamations du propriétaire, et ses décisions sont susceptibles d'appel devant les tribunaux (art. 15) ; des majorations peuvent être accordées pour agrandissement, augmentation de l'outillage (art. 17).

Enfin, l'article 21 soumet rétroactivement aux limitations de bénéfices prévues ci-dessus, les marchés et contrats pour fournitures de guerre terminés ou en cours d'exécution, lors de l'application de la présente loi.

Comme il était légal et nécessaire dans une proposition d'aussi grande importance, le rapport de M. Voilin fut communiqué au ministre des Finances, qui, en décembre 1916, écrivit une lettre pleine de remarques intéressantes que nous allons énumérer rapidement.

a) Sur la possibilité pour l'État d'imposer à une usine un codirecteur de son choix, le ministre fait observer que cela regarde tout particulièrement les ministres de la Guerre et de la Marine ; il constate seulement que, si l'on rend l'État maître de la gestion de l'entreprise, on lui impose par là même la responsabilité financière.

b) Mais sur la partie qui regarde plus particulièrement son département, le ministre objecte que la surveillance dévolue aux agents de son administration (pour la fixation du bénéfice réel tous les six mois, et le versement au Trésor de l'excédent du bénéfice réel sur le bénéfice normal) se heurterait, dans la pratique, à une impossibilité absolue. On ne saurait, pour un travail aussi important, adjoindre à ses agents des collaborateurs de fortune, et les cadres de l'inspection des Finances sont diminués pour longtemps par la guerre. De plus, un contrôle ne pouvant être fait que conformément à un règlement général, si l'on veut éloigner le régime du bon plaisir, le temps matériel manquerait pour établir ce texte ; on sait, par expérience, combien ont été longues les élaborations des règles admises aujourd'hui à l'égard des Compagnies des chemins de fer et de navigation : et, dans le cas particulier de la loi projetée, on aurait à envisager une foule d'entreprises ; car les plus diverses se trouvent représentées au nombre des maisons avec lesquelles les autorités militaires se trouvent amenées à traiter. « Aux unes et aux autres, dit le ministre des Finances, les mêmes formules ne sauraient être applicables ; il serait nécessaire de se livrer à des investigations très étendues et très malaisées : détermination du capital de l'affaire, tel qu'il se présente au moment de la commande, accru ou diminué par le résultat de la gestion antérieure ; détermination très délicate des frais généraux et de la fraction qui doit être imputée à chaque fabrication ; détermination des prix de revient fréquemment influencée par l'existence des sous-marchés ; détermination des amortissements et de leur répartition aussi bien dans le temps qu'entre chaque branche de production... »

« Sans contester la nécessité d'une sauvegarde des intérêts financiers de l'État, je n'hésite pas, Monsieur le Président, à penser qu'à cette heure, il convient de peser sérieusement les risques d'une immense organisation de contrôle qui, tout en paralysant, dans une certaine mesure inévitable, l'activité créatrice, absorberait du temps et des énergies. »

On retrouve à peu près la même note dans l'avis pré-

Digitized by Google

senté au nom de la Commission fiscale le 11 mars (1) ; mais, dans un paragraphe tout spécial, M. Andrieu, rédacteur de l'avis, fait cette remarque : « Nous tenons à faire observer combien il aurait été important que la Commission de l'armée se préoccupât, au point de vue du contrôle financier qu'elle organise, de la situation délicate des établissements travaillant en même temps pour les fournitures de guerre et pour leur clientèle habituelle. Le projet est muet sur ce point, et nous ne pouvons que le regretter ; ce n'est pas, en effet, la restriction « pour la partie soumise au contrôle » figurant à l'article 11 qui est de nature à remédier à cette lacune.

Dans un autre alinéa, il appelle l'attention sur ce fait que, si la Commission fiscale adhère à toute idée d'annulation à l'égard des marchés entachés d'erreur, de fraude ou de dol, elle n'a jamais voulu aller aussi loin que le projet qui, faisant abstraction des signatures données par l'État, annule pour partie les marchés pour cet unique motif qu'ils ont dépassé un certain bénéfice postérieurement considéré comme une limite infranchissable.

Enfin, M. Raoul Peret, rapporteur de la Commission du budget, donnait un avis annexé à la séance du 14 mars 1916 (annexe 1917) qui résume exactement les avis ci-dessus analysés et les adopte.

Ces observations amenèrent la Commission de l'armée à modifier le texte précité et à déposer, sur *des bases très sensiblement différentes*, un nouveau projet : dans un rapport supplémentaire daté du 26 octobre 1916, sous le titre « Projet relatif aux fabrications de guerre » M. Voilin présenta un projet d'organisation pour l'usine se livrant à ces fabrications ; c'est le système *de la régie intéressée*, avec la réquisition toujours possible des établissements industriels.

Ce nouveau projet fut adopté par le sous-secrétaire d'État de l'artillerie et des munitions ; mais fut l'objet de très sérieuses réserves de la part du ministère des Finances, parce qu'il était de nature à produire des troubles graves dans l'application de la loi sur la contribution extraordinaire des bénéfices de guerre ; M. le ministre des Finances, à la date du 28 novembre, expliquait : « la contribution extraordinaire, telle qu'elle est instituée par la loi du 1er juillet 1916, est appelée à procurer d'importantes recettes au Trésor, ainsi que le montre le chiffre déjà considérable des bénéfices accusé dans les déclarations produites par les assujettis ; il importe donc de repousser toutes mesures qui seraient de nature à en restreindre et à en entraver l'application. »

On retrouve encore les mêmes idées, dans l'avis donné par la Commission du budget sur ce deuxième projet : « Il ne faut pas oublier, dit M. Peret, (avis annexe à la séance du 13 février 1917 n° 3002) que, si l'élaboration de la loi du 1er juillet 1916 a soulevé des questions délicates et difficiles à résoudre, elle est, aujourd'hui, en pleine application ; qu'elle donne des résultats satisfaisants, que les Commissions ont déjà rendu de nombreuses décisions, et qu'une jurisprudence est en voie de formation. Est-ce bien le moment d'introduire dans la loi, aux risques d'en compromettre l'exécution, des règles différentes de celles qui ont servi de base à ces décisions, alors surtout que le système proposé semble devoir procurer à l'État des ressources moindres que celles qui sont produites par le régime en vigueur... La Commission du budget espère donc que le gouvernement a fait les diligences nécessaires pour demander à la Commission compétente les corrections correspondant aux observations contenues dans la lettre du ministre des Finances du 4 février 1917. »

C'est pour tenir compte de ces différentes observations que le 23 février 1917, M. Lucien Voilin, au nom de la Commission de l'armée chargée d'examiner la première proposition de loi de M. Mistral, déposait un nouveau texte (annexe n° 3047) qui a été soumis à la Chambre des députés presque aussitôt.

II. — Texte proposé a la chambre. — Avant d'entrer dans le détail de chaque article, nous devons indiquer tout d'abord quelle a été l'allure de la discussion générale.

Elle a, en réalité, commencé à la séance du 16 février 1917, mais elle n'a été qu'ébauchée : une interpellation du député Fernand Merlin avait lieu ce jour-là sur le régime des usines de guerre, la situation militaire des officiers et soldats qui y travaillent. Comme le constate M. Thomas, ministre de l'Armement (*Journal officiel*, 17 février, p. 439) M. Merlin a accepté le renvoi de son interpellation, jusqu'au moment ou la Chambre examinerait la proposition de la loi de M. Mistral : la discussion n'en a pas moins été considérée comme amorcée ce jour-là et le procès-verbal des séances suivantes est indiqué au « Journal Officiel » comme une suite à cette première ébauche.

Cette discussion générale a occupé à peu près complètement les séances des 22 et 27 février : à la première de ces séances, M. Fernand Merlin a parlé surtout de la question des salaires et de la nécessité de donner la haute paye aux soldats du front (*Journal officiel*, 25 février, p. 451) M. Valière dit que l'État sera obligé, à la cessation des hostilités, de prendre des mesures créées pour conserver les usines et les faire servir aux travaux nécessités par la reconstitution de la patrie affaiblie à la suite de si longs mois d'invasion (p. 454). M. de Vendel estime que la proposition de loi a le tort de ne pas distinguer les usines qui ont demandé une main-d'œuvre considérable à l'État, de celles qui ont puisé largement dans l'armée les travailleurs nécessaires. Le rapporteur, M. Voilin, a présenté certaines observations tirées de l'exemple de l'Angleterre (p. 456), qui, par la loi sur les munitions, a imposé aux organisations ouvrières de ne pas cesser le travail et de ne pas demander d'autres améliorations de salaire, en obligeant enfin les patrons à limiter leurs bénéfices à 10 pour 100, sous le contrôle de l'État.

La séance du 27 février a été occupée à peu près intégralement par le discours de M. Thomas, ministre de

(1) Cet avis, bien que remis le 11 mars 1916 sous le n° 1908 (annexe), a été rattaché à la séance du 10 mars.

Digitized by Google

l'Armement, représentant du Gouvernement. « Il a expliqué les motifs pour lesquels il n'a pas été possible, dès le début de la campagne, d'englober toute la fabrication dans la réquisition. On pouvait en effet, dit-il, réquisitionner les marchandises, les matières, les usines vides, réquisitionner le travail, mais aurions-nous pu réquisitionner l'esprit d'initiative, l'esprit de risque, en enlevant l'enjeu, condition même du risque ? Nous avions devant nous, d'une part, l'industrie de l'État, avec ses officiers, passionnés de technique, pénétrés de l'idée de leur devoir, suivant modestement leur carrière depuis des années avec des traitements médiocres, et, d'autre part, nous avions tout le système de l'industrie privée avec ses habitudes de risques, avec ses initiatives, insuffisantes peut-être à la veille de la guerre, réelles pourtant et qui ne demandait qu'à se jeter dans la tourmente », il a alors expliqué comment les fabrications ont été réparties. L'industrie de l'État a fait un grand effort puisque les établissements des poudres ont fabriqué pour le coton-poudre 85 pour 100 de la production totale et pour la poudre B et la ballistite 98, pour les explosifs nitrés 74,5 pour 100 et pour les explosifs chlorates 80 pour 100. L'industrie privée, elle aussi, a énormément travaillé : mais il serait injuste de reprocher à l'État de lui avoir laissé une liberté complète : elle a, au contraire, obéi à la direction qui lui était imposée, puisqu'un industriel, sans pouvoir repondre que la fabrication qui lui était demandée ne l'intéressait pas, a été tenu de faire celle qu'on lui demandait. Sans être réquisitionné dans le sens littéral du mot, l'industriel a été au moins requis d'agir dans le sens qui lui était commandé. Si on lui a donné de la main-d'œuvre militaire, cette attribution a été contrôlée chez lui ; et enfin nombreux sont les industriels qui, dès le premier jour, ont été empressés à reconnaître qu'ils devaient, sur les bénéfices obtenus, faire une rétrocession à l'État. Car l'idée de lucre, l'idée de grands profits a été étrangère au plus grand nombre : tous dans le début, ont été effrayés de l'incertitude du prix de revient ; la meilleure preuve c'est que les maisons de peu d'importance ont été les plus lentes à se mettre en mouvement ; c'est la raison des prix forts du début ; mais il est juste de voir quels efforts ont été faits pour abaisser le prix des obus de la pièce de 75 au chiffre de 7,50 fr ou 6 fr, prix actuel, de 15 fr qu'il était au début. Enfin, quant aux prix de la main-d'œuvre, il est devenu de règle de comparer les 25 centimes du soldat dans la tranchée avec le salaire de l'ouvrier. Mais on oublie que l'entretien du soldat coûte à l'État 5,09 fr par jour.

Quelle devra être, dit le ministre en terminant, la loi nouvelle ? Il faut une loi modérée, sage, distinguant entre l'industriel qui, soucieux de l'avenir du pays, aura délibérément investi des capitaux considérables dans les fabrications de guerre et celui qui, ayant vécu sur les installations d'hier aura, à raison même de l'allure des prix et des affaires, encaissé ou distribué à ses actionnaires des bénéfices considérables, sans avoir encouru de risques et sans avoir fait d'effort.

Enfin, la discussion générale s'est close (*Journal officiel*, 28 février, p. 503), sur la parole de M. Ribot : « Le ministre des Finances à plusieurs reprises a exprimé la crainte que les dispositions nouvelles ne puissent porter atteinte à la loi dite des bénéfices de guerre qui est aujourd'hui en pleine application. J'avais demandé que le vote du projet du gouvernement ne retardât pas et ne compromît en aucune façon l'application de la loi du 1er juillet 1916. La Commission de l'armée, d'accord avec M. le ministre de l'Armement, nous a donné complètement satisfaction, puisque l'article 16 est très clair, sauvegarde les mesures édictées par la loi du 1er juillet et, sous le bénéfice de ces innovations, vous demande de voter le projet. »

Dans un très prochain numéro, nous publierons une étude complète des principaux articles de la loi, surtout en ce qui concerne la question si intéressante des amortissements qui seront admis, mais nous pouvons indiquer, dès aujourd'hui, que la nouvelle proposition de loi acceptée par la Chambre des députés ne s'applique qu'aux usines qui auront consacré à l'exécution des commandes de l'État le tiers du chiffre total de leurs affaires (séance du 6 mars 1917).

Paul Bougault,
Avocat à la Cour d'Appel de Lyon.

ERRATUM DU NUMÉRO DU 3 ET 10 MAI 1917

A propos de l'article qui passe dans le présent numéro sur « les usines hydro-électriques de l'État suédois », nous tenons à signaler à nos lecteurs les deux erreurs typographiques suivantes qui ont été commises dans la première partie de cet article (*R. G. E.*, 3 mars 1917, t. I) :

Page 349, ligne 16, lire : M. Sven Lübeck, au lieu de : M. Zoen Zübeck.

Page 351, ligne 36, 1re colonne, lire : Luléa, au lieu de : Duléa.

Signalons aussi une erreur dans le renvoi de la 2e colonne, page 396, du 10 mars. Au lieu de A. Broper, lire : A. Picker. ; et, au lieu de 2 et 9 février 1916, lire 2 et 9 février 1917.

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

1re Année. — Tome I. — N° 24. — 16 Juin 1917.

Chronique. — La semaine anglaise et l'horaire des repas. — Société internationale des Electriciens. — Les nouveaux statuts de la Société internationale des Electriciens. — Machine à essayer les bouchons de gaine-relais, p. 921 et 922.

Section scientifique et technique. — Le compoundage des alternateurs, par M. Latour, p. 923. — Les lampes à incandescence (*suite*), par A. Boutaric, p. 931. — Revues, analyses et informations : Sur le potentiel explosif dans l'anhydride carbonique aux pressions élevées, p. 941 ; Influence de la lumière sur le potentiel de contact du sélénium et de l'oxyde de cuivre, p. 942.

Section industrielle. — Recherches effectuées sur les isolateurs à suspension en porcelaine, en vue de déterminer leurs causes de détérioration par l'âge, par P. L., p. 943. — Revues, analyses et informations : La nouvelle usine génératrice de la New-Jersey Company, p. 947 ; Machine à essayer les bouchons de gaine-relais, p. 952.

Section économique et financière. — Assemblées générales : Energie électrique du Sud-Ouest, p. 953 ; Société anonyme des usines de Paris et d'Outreau, p. 953 ; Tréfileries et laminoirs du Havre, p. 953 ; Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston, p. 954.

Section de législation. — La réquisition des usines et la régie intéressée (*suite*), par Paul Bougault, p. 955. — Législation, jurisprudence, réglementation : Décret relatif aux attributions du sous-secrétaire d'Etat des transports, p. 960 ; Décret organisant les services des Postes et des Télégraphes du boulevard Brune et le service de la télégraphie sans fil, p. 960 ; Arrêté relatif aux autorisations d'importations et à la vente en France de marchandises comprises dans la liste n° 3 de l'arrêté du 13 avril 1917.

La semaine anglaise et l'horaire des repas. — On a beaucoup revendiqué ces temps derniers en faveur de la semaine anglaise, mais il nous a paru, par les conversations que nous avons eues sur ce sujet, que beaucoup ignoraient et ignorent encore en quoi consiste exactement la semaine anglaise. Nous avons été ainsi amené à faire une enquête tant auprès des industriels et commerçants ayant des relations avec l'Angleterre que des Anglais eux-mêmes.

Bien que les résultats de cette enquête ne soient pas encore complets, il se dégage cependant des premiers renseignements reçus, les données suivantes :

Pour les ouvriers et ouvrières de fabriques et d'ateliers, le travail commence généralement à 6 h et se termine à 17 h les jours ordinaires et à 14 h ou 12 h le samedi ; un repos d'une demi-heure vers 8 h et d'une heure entre 12 et 13 h, heures permettant de prendre deux légers repas ; la durée journalière du travail effectif est de 9, 5 à 10 h ; le nombre total des heures de travail effectif par semaine est de 55.

Les employés et employées de bureau commencent leur journée à 9 h et la terminent à 18 h les jours ordinaires et à 13 ou 14 h le samedi ; une heure de repos est accordée vers 13 h ; la durée du travail effectif les jours ordinaires est donc de 8 h ; le nombre d'heures par semaine est de 44 ou 45.

La question de la semaine anglaise se rattache donc étroitement à l'horaire du repas principal journalier. Cette dernière question, soulevée il y a quelque temps déjà dans la presse quotidienne, vient d'être l'objet d'une étude physiologique de l'un des membres de notre Comité de rédaction, le Dr J. Bergonié qui en a fait connaître les résultats dans une communication à l'Académie des Sciences dans sa séance du 29 mai (1).

D'après cette communication, il est irrationnel, au point de vue physiologique, de prendre le repas principal à 12 h et un copieux dîner le soir entre 19 et 21 h. Nos besoins de chaleur et de travail mécanique exigeraient en effet un repas principal le matin ou 2 h après le lever et un repas secondaire le soir vers 18 h.

Outre les avantages qui en résulteraient pour la santé, l'adoption de la réforme de l'horaire de nos repas procurerait aux ouvriers et aux employés un plus complet et plus long repos et une économie dans les dépenses provenant des transports en commun et des repas pris hors du domicile ; elle donnerait à tous les travailleurs la possibilité de loger hors des villes ; elle fournirait à l'ouvrier et à l'apprenti la facilité d'une instruction complémentaire théorique ; d'autre part, les pertes de temps, les erreurs, les malfaçons causées par la cessa-

(1) *C. R. Acad. des Sc.*, 29 mai 1917, t. CLXIV, p. 848-850.

Digitized by Google

tion et la reprise du travail seraient sensiblement diminuées ; enfin la vie de famille serait plus complète et moins hachée.

D'ailleurs, il convient de faire observer que cette modification de notre horaire actuel des repas ne serait que revenir aux us et coutumes de 1840-1850 de ce qu'on convient d'appeler les classes dirigeantes. On peut toutefois se demander s'il serait possible de plier notre organisme à ce brusque retour en arrière. M. Bergonié s'est soumis lui-même à l'expérience et il a reconnu que, si l'on fait choix, pour adopter le nouvel horaire, de la saison chaude, et si l'on s'astreint à faire entre 18 et 19 h un dîner léger, on pourra avoir faim le matin 1 ou 2 h après le lever et n'avoir à midi que de la répulsion pour les aliments.

La réforme de l'horaire de nos repas mérite donc d'être tentée. Mais comment pourra-t-elle être réalisée ; l'« union sacrée » suffira-t-elle pour qu'un accord intervienne entre les divers groupements professionnels intéressés ou faudra-t-il des mesures législatives comme celles qui ont été nécessaires pour faire profiter les citadins d'une heure de jour de plus en été?

Société internationale des Électriciens. — A la séance ordinaire du 7 juin 1917 de la Société internationale des Électriciens, M. Picou, comme suite à l'intéressante conférence faite par M. Marius Latour à la dernière séance, a exposé un système de compoundage des alternateurs dont il est l'inventeur. La guerre a empêché l'alternateur compound de M. Picou de se répandre dans l'industrie, cependant deux turbo-alternateurs compounds système Picou, installés aux mines de Rochebelle, ont donné un excellent résultat, le réglage est parfait et on n'a pas eu à toucher aux machines malgré un service assez dur, ce qui n'arrive pas souvent avec les régulateurs automatiques de tension qu'on doit surveiller à tout instant. M. Picou a expliqué sommairement le principe de son compoundage qui consiste à employer une excitatrice particulière, dont le rotor est celui d'une commutatrice, et est alimenté par le courant de l'alternateur; le stator est semblable à celui d'un moteur asynchrone et est parcouru par le courant continu produit par le rotor, c'est ce courant qui sert à l'excitation de l'alternateur. Nous pouvons faire remarquer en passant que le système proposé et appliqué par M. Picou est un cas particulier d'un des systèmes que signalait M. Marius Latour dans sa communication, et dont une reproduction est publiée page 923 de ce numéro.

Les nouveaux statuts de la Société internationale des Électriciens. — Avant la séance ordinaire dont il vient d'être question, la Société internationale des Électriciens a tenu une Assemblée générale extraordinaire en vue de l'adoption de nouveaux statuts.

La nécessité de la revision des statuts anciens résultant de ce que ceux-ci n'étaient pas conformes à ceux que la loi du 1er juillet 1901 et le décret du 16 août 1901, prescrivent aux sociétés reconnues d'utilité publique ou demandant cette reconnaissance. Vers le mois de juin 1914, une circulaire du Préfet de la Seine, datée du 13 décembre 1913, invitant la Société à effectuer cette revision; les événements d'août 1914 vinrent la retarder.

Ce ne fut qu'en décembre 1915 que la question fut examinée par le Bureau, qui décida de saisir cette occasion pour changer le nom actuel de la Société en celui de *Société française des Electriciens*. Cette modification fut adoptée à l'unanimité, le 17 décembre, par le Comité d'administration.

Il fut toutefois sursis, en raison des circonstances, à la réunion d'une Assemblée générale extraordinaire. Mais les projets de loi sur l'enseignement supérieur (projet Astier et projet Gay), actuellement en discussion au Parlement, mettaient la Société en demeure de prendre position en ce qui concerne l'École Supérieure d'Électricité. Cette nouvelle raison amena le Bureau à nommer, dans sa séance du 18 octobre 1916, une Commission chargée de rédiger de nouveaux statuts.

Ces statuts ayant été, après longues et sérieuses discussions, adoptés par le Comité d'administration, l'Assemblée générale du 7 juin avait à se prononcer sur leur adoption définitive. Sur 348 votants, 339 se prononçaient pour cette adoption (8 contre et 1 bulletin nul).

Ajoutons que les nouveaux statuts, qui ont encore besoin de l'approbation du Conseil d'État avant leur mise en application, ont été rédigés avec l'unique souci de les rendre conformes, d'une part, avec les règlements législatifs, d'autre part, avec les usages suivis jusqu'ici dans l'administration de la Société.

Machine à essayer les bouchons de gaine-relais. — Nous publions dans ce numéro un petit article sur une machine à essayer les bouchons de gaine-relais.

Bien que l'essai dont il est question dans cette note ne se rapporte pas à du matériel électrique, nous avons cru utile de le signaler dans notre revue pour plusieurs raisons. La première est que la majorité des constructeurs-électriciens sont actuellement occupés à la fabrication du matériel de guerre; la seconde est que le dispositif très simple faisant l'objet de cette note pourra trouver des applications dans les travaux du temps de paix; la troisième, enfin, est que beaucoup de nos lecteurs nous ont demandé que la « R. G. E. » donne place, à l'exemple des journaux électrotechniques américains, à une description des dispositifs et tours de main d'ateliers susceptibles de faciliter et accroître la production. Nous remercions donc M. Zetter, directeur de l'appareillage électrique Grivolas, qui, en nous transmettant cette note nous a permis de satisfaire au désir de nombreux lecteurs.

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

Le compoundage des alternateurs

Actuellement le compoundage des alternateurs est surtout obtenu au moyen de régulateurs de tension automatiques qui agissent sur circuit d'excitation de l'alternateur. Cependant, il existe des systèmes de compoundage direct qui ont donné d'excellents résultats; l'auteur expose ci-dessous les différents procédés qui ont été employés jusqu'à présent en insistant particulièrement sur le compoundage par le jeu de transformateurs shunt et série dont il est l'inventeur.

Vers l'année 1900, les électriciens français les plus capables s'intéressaient tout particulièrement à la question du compoundage des alternateurs. A cette occasion, les propositions les plus ingénieuses ont été présentées. Suivant des exemples qui nous venaient de haut, nous avons nous-même, dès cette époque, appliqué à la solution du problème une attention que nous aurions peut-être portée ailleurs avec plus d'utilité. La réalisation et l'extension des régulateurs de tension, plus particulièrement du régulateur Tirrill et de ses dérivés (Fuss, etc.), qui maintiennent la tension constante quelle que soit la perturbation introduite (chute de vitesse ou autre), semblent, en effet, avoir réduit l'importance réelle du compoundage des alternateurs. Cependant, il existe des solutions pratiques du compoundage qui ont donné de bons résultats et qui séduisent même une certaine clientèle. Ce sont ces solutions que nous allons exposer dans cet article. D'ailleurs, comme nous allons le voir, c'est la France qui a été un peu la patrie du compoundage.

On a proposé plus récemment des solutions qui, malgré leur ingéniosité, sont d'une technique un peu sommaire et ne rentrent guère à fond dans les diagrammes des alternateurs : elles ne font qu'accessoirement l'objet de notre exposé et nous les rappellerons simplement.

M. Parsons a proposé de shunter le circuit magnétique de l'excitatrice de l'alternateur par une dérivation magnétique DD (voir fig. 1) portant un enroulement EE

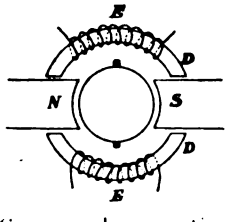


Fig. 1. — Compoundage système Parsons.

traversé par le courant de débit de l'alternateur. Le débit alternatif, si on considère l'induction *efficace* qu'il provoque, tend à saturer le circuit de dérivation D et, par conséquent, à restreindre l'importance du flux continu dérivé. Il arrive dans ces conditions que la tension aux bornes de l'excitatrice augmente avec la charge de l'alternateur.

M. Seidner, d'autre part, a proposé de constituer le rhéostat de champ d'une excitatrice shunt par des lampes à filament de charbon et de faire traverser ce rhéostat par le débit de l'alternateur grâce à l'interposition d'un transformateur *t* (voir fig. 2). La résistance

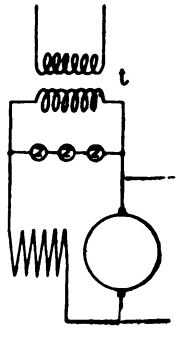


Fig. 2. — Compoundage système Seidner.

du charbon diminuant avec la température, il arrive que le passage du courant débité par l'alternateur dans les lampes a pour résultat de diminuer la résistance du rhéostat ainsi constitué et la tension de l'excitatrice monte automatiquement avec la charge.

En réalité, il conviendrait d'employer des lampes à filament de bore, car le bore à l'état pur (tel que découvert et préparé par notre ami M. E. Weintraub) possède d'une façon beaucoup plus accusée que le charbon la propriété d'avoir une résistance rapidement décroissante avec la température.

Au lieu d'une excitatrice shunt, MM. Bethenod et Roth ont considéré le cas d'une excitatrice série, et ils ont proposé de shunter l'inducteur d'une semblable excitatrice avec des lampes à filament de fer, par exemple, dont la résistance augmente avec la température. Ces lampes étant traversées par le courant de débi

Digitized by Google

de l'alternateur (voir fig. 3) il arrivera encore que l'excitation augmentera automatiquement avec le débit. MM. Bethenod et Roth se sont même inquiétés de tenir compte du cos φ et des variations de vitesse grâce à certaines combinaisons.

Ces procédés spéciaux étant signalés, nous allons décrire les méthodes de compoundage basées en quelque

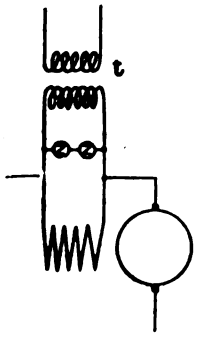


Fig. 3. — Compoundage système Béthenot et Roth.

sorte sur des compositions matérielles de vecteurs faites dans les machines excitatrices et propres à tenir compte par constitution du cos φ du débit.

I. — Excitatrice a réaction. — Parmi ces méthodes, nous devons décrire, en premier lieu, la méthode comportant l'emploi d'une excitatrice à réaction et présentée par M. André Blondel au Congrès de Genève en 1896. Si l'on tient compte du fait que M. Blondel a utilisé cette méthode de compoundage dans plusieurs unités dont les dernières atteignent une puissance de 10 000 kw et qu'elle a été utilisée en outre assez extensivement par la G. E. Co en Amérique pendant les années qui ont précédé l'avènement du régulateur Tirrill, on peut dire que cette méthode est celle qui a reçu à ce jour les applications les plus nombreuses (1). Nous n'ignorons pas cependant que le compoundage de M. Boucherot dont nous parlerons plus loin, a été réalisé en France sur une très grande échelle par la maison Bréguet, depuis 1900.

Nous décrirons la méthode de compoundage par excitatrice à réaction en nous reportant au texte même de M. Blondel et en rappelant d'abord comment cet inventeur avait exposé le système au Congrès de Genève en 1896.

« La méthode consiste dans l'emploi d'une excitatrice du genre Rechniewski à faible entrefer, dont les inducteurs, construits à la manière ordinaire, sont excités en dérivation juste assez pour produire l'excitation de l'alternateur fonctionnant à vide ; l'induit, qui tourne synchroniquement avec l'alternateur par une commande mécanique, porte deux enroulements : un enroulement à courant continu, qui excite l'alternateur, et un enroulement compensateur semblable à celui de l'alternateur, et parcouru par les mêmes courants ; on règle le nombre des spires et les points d'entrée de ce bobinage de façon que le champ de réaction produit par un courant déwatté ait la même direction que celui des inducteurs et le renforce exactement dans la même proportion que la réaction d'induit correspondante de l'alternateur tend à affaiblir le champ inducteur de celui-ci ; en outre, on maintient le calage des balais invariable par un des artifices connus. Dans ces conditions, si les circuits magnétiques de l'alternateur et de l'excitatrice travaillent au-dessous du coude, il est facile de voir que l'on compense encore automatiquement toutes les réactions d'induit wattées ou déwattées. »

La figure 4 représente schématiquement ce dispositif pour une machine triphasée à inducteur tournant. A est

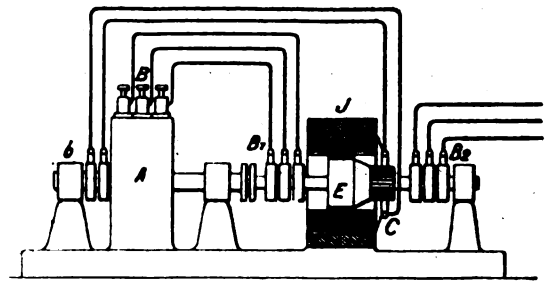


Fig. 4. — Compoundage système Blondel pour un alternateur triphasé à inducteur tournant.

l'alternateur, B les bornes de sortie des courants induits, B_1 les bornes d'entrée du circuit supplémentaire de l'induit de l'excitatrice E, B_2 les bornes de sortie, C le collecteur de l'enroulement principal de l'excitatrice, *b* les bornes du circuit inducteur de l'alternateur A, J les inducteurs de l'excitatrice excités en dérivation.

Il va sans dire que le passage direct du courant de l'alternateur dans l'induit de l'excitatrice n'est pratique que pour des courants à basse tension et que, lorsque l'alternateur est à haute tension, on doit préalablement transformer le courant par un transformateur série.

Le dispositif devient alors celui de la figure 5 où T_1

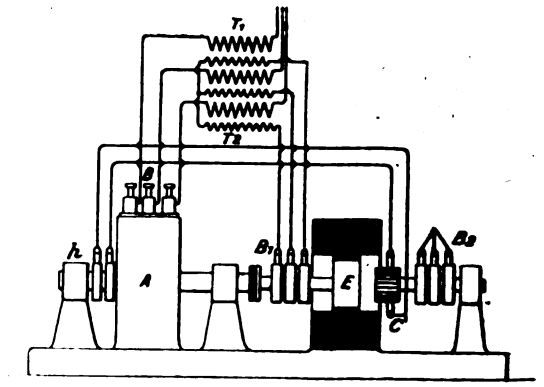


Fig. 5. — Même dipositif que sur la figure 4, mais pour un alternateur à haute tension.

est le circuit primaire du transformateur triphasé en série sur le circuit principal et T_2 le secondaire. On

(1) Déjà, à la fin de l'année 1901, la G. E. Co avait vendu 218 alternateurs compound pour des puissances variant de 50 à 500 kv-a. (Voir Bulletin de la G. E. Co de mai 1902.)

Digitized by Google

remarquera que les trois bagues de droite B_3 ne servent qu'à fermer sur lui-même l'enroulement supplémentaire de l'induit qui reçoit les courants secondaires de T_2 par les bagues B_1 ; on peut donc les supprimer en faisant la jonction à l'intérieur comme d'habitude. En choisissant convenablement le nombre de spires secondaires T_2 du transformateur, on réunira en un seul les deux circuits de l'excitatrice, comme on le fait pour les convertisseurs.

Enfin, la figure 6 représente schématiquement le dispositif de compoundage tel qu'il est appliqué actuelle-

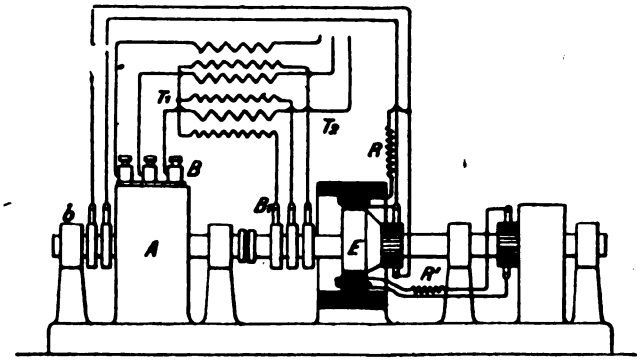


Fig. 6. — Compoundage Blondel, dispositif actuel.

ment par M. Blondel. On y voit les mêmes éléments qu'à la figure précédente, et, en outre, en bout d'arbre, une petite dynamo dont le but, nouveau et important, est d'assurer une partie de l'excitation de l'excitatrice E et de rendre ainsi stable l'équilibre magnétique du système à toute charge. C'est une très petite machine, travaillant toujours au même régime. Au contraire, l'excitatrice

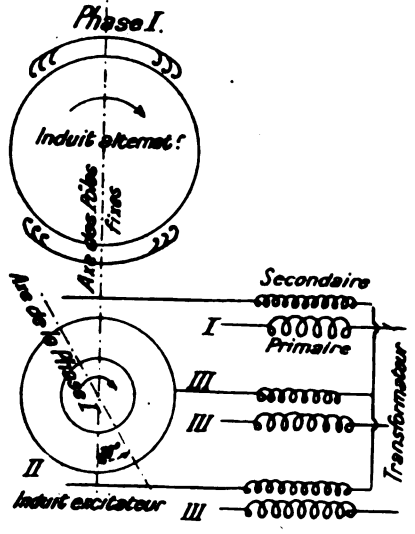


Fig. 7. — Calage relatif de l'excitatrice et de l'enduit de l'alternateur dans le système Blondel.

E et le transformateur ne travaillent pas à la saturation constante et complète du fer.

La figure 7 montre le calage relatif de l'excitatrice et de l'induit de l'alternateur, supposé couplé en étoile

II. — SCHÉMA DE COMPOUNDAGE AVEC TRANSFORMATEURS SHUNT ET SÉRIE. — En dehors de la méthode par excitatrice à réaction et qui ne comporte que l'emploi d'un transformateur série, il existe un ensemble de méthodes de compoundage qui reposent sur l'emploi d'un transformateur shunt et d'un transformateur série.

La première méthode de ce genre a été proposée très anciennement par la maison Ganz et Cie dans les alternateurs auto-excitateurs avec redresseur à coquille (voir fig. 8). Il est permis toutefois de se demander si, à cette

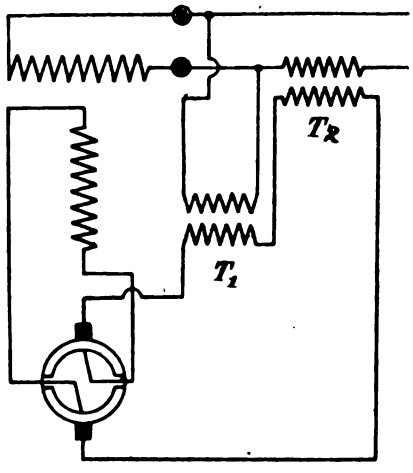


Fig. 8. — Compoundage avec transformateur shunt et série, système Ganz et Cie

époque, le fonctionnement du transformateur série de compoundage employé en combinaison avec un transformateur shunt avait été bien compris et si la construction en avait été faite de façon à pouvoir assurer véritablement le compoundage. Aussi, en ce qui nous concerne, rapporterions-nous volontiers à M. Boucherot le mérite d'avoir eu le premier l'intelligence complète de ce schéma de transformateur shunt et série tel qu'employé par lui en combinaison avec une excitatrice spéciale dont nous parlerons plus loin. On pourrait croire que les premiers électriciens avaient simplement pensé obtenir, grâce au transformateur série de compoundage, l'addition d'une tension supplémentaire qui viendrait avec la charge accroître la tension dérivation. En réalité, dans un compoundage réel, les choses se passent d'une façon différente. A vide, le secondaire du transformateur constitue une véritable bobine de self ou réactance qui limite le courant d'excitation de l'alternateur à la manière d'un rhéostat d'excitation ; en charge, le débit dans le primaire du transformateur crée des ampères-tours antagonistes qui ont pour effet de lever plus ou moins cette réactance suivant l'intensité du débit et son déphasage par rapport à la tension. Il arrive donc que l'excitation augmente avec la charge, mais en fait, la tension aux bornes du transformateur de compoundage tombe avec la charge, et il peut arriver que le flux résultant dans le circuit magnétique de ce transformateur s'annule complètement pour une certaine charge. Ces considéra-

Digitized by Google

tions montrent que le transformateur T_2, destiné à se comporter comme une bobine de self, doit être construit avec un fort courant magnétisant, de préférence avec un entrefer ainsi que M. Boucherot l'a indiqué en 1899 (Brevet français n° 285083). Il y aurait donc lieu de représenter en réalité (et parfois de réaliser) le schéma du transformateur shunt et série avec un

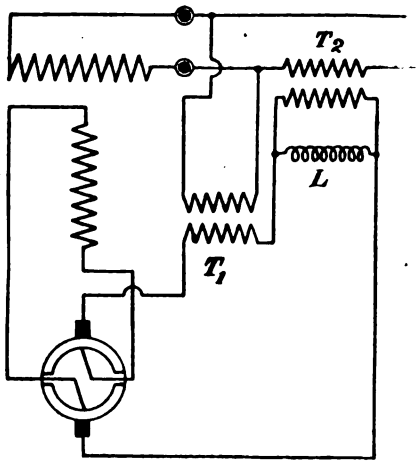


Fig. 9. — Compoundage avec transformateurs shunt et série, le secondaire du transformateur série shunté par une bobine de self-inductance.

transformateur série parfait (courant magnétisant nul) shunté par une bobine de self-inductance appropriée L (voir fig. 9).

Ainsi interprété, le schéma se généralise. On peut imaginer, en effet, que, dans une machine à courants polyphasés, le transformateur série soit branché sur une autre phase que le transformateur dérivation. Supposons, par exemple, qu'il s'agisse d'une machine à courants diphasés et que l'on mette en série le secondaire du transformateur dérivation, branché sur la phase I avec le secondaire du transformateur série branché sur la phase II (voir fig. 10). On doit alors shunter le transformateur série non plus par une bobine de self, mais par une résistance r. L'effet du débit reste encore le même : le débit tend à annuler la chute de tension dans le rhéostat d'excitation fictif r.

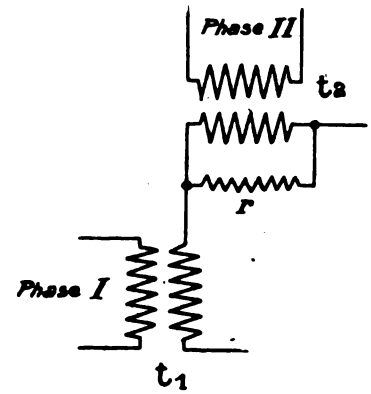


Fig. 10. — Compoundage d'un alternateur diphasé, le secondaire du transformateur série est shunté par une résistance.

D'une façon générale si θ est le déphasage entre les phases choisies pour le transformateur shunt et le transformateur série, on doit shunter le transformateur série par un circuit dont le cos φ propre est tel que $\varphi = \left(\frac{\pi}{2} - \theta\right)$ (1).

(1) L'historique de cette généralisation du schéma de compoundage est le suivant :

Ultérieurement à notre système de compoundage des alternateurs à collecteur par transformateur shunt et série (1900-1901) (voir notre brevet allemand 154 509 très détaillé à cet égard), M. Heyland avait proposé unmo de d'exécution du compoundage de ces machines suivant lequel les secondaires des transformateurs shunt et série appartenant à des phases *différentes* débitaient *en parallèle* sur les mêmes balais, c'est-à-dire sur le même circuit d'excitation Z (voir

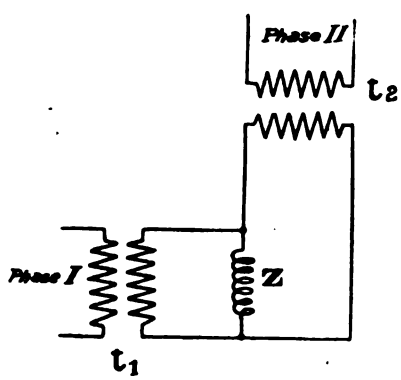


Fig. 11. — Dispositif d'Heyland.

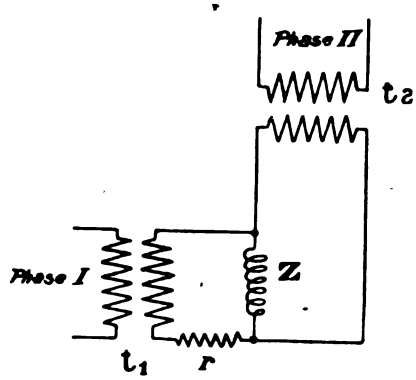


Fig. 12. — Dispositif d'Heyland modifié par M. Latour.

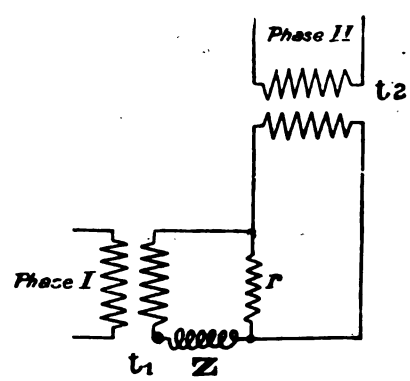


Fig. 13. — Dispositif d'Alexanderson.

fig. 11). Nous eûmes l'occasion de faire observer à M. Heyland que le transformateur série, était dans ces conditions, court-circuité purement et simplement par le transformateur shunt dont le primaire se trouvait fermé sur une impédance négligeable et nous proposâmes en conséquence de disposer dans le schéma Heyland une résistance permanente r en série avec le transformateur shunt (voir fig. 12), détail que nous fîmes breveter (brevet français, n° 329 003). C'est après le dépôt de notre brevet que M. Heyland a effectivement publié son schéma de compoundage en y représentant toujours la résistance permanente r et c'est après différentes publications de M. Heyland sur son pro-

Digitized by Google

En nous en tenant au schéma même de l'alternateur compound primitif de la maison Ganz et Cie, on voit immédiatement que l'on doit pouvoir substituer au redresseur à coquille toute disposition équivalente. Au point de vue pratique, celle qui semblerait aujourd'hui destinée au plus grand succès serait celle du redresseur à mercure ou du redresseur cathodique à filament chaud que l'on arrive à construire pour des services continus sous les puissances les plus importantes. La puissance à redresser pourrait d'ailleurs être très faible si l'on avait recours au procédé assez évident que nous avons indiqué en détail en 1902 (voir brevet suisse n° 27733, et brevet allemand n° 154131) et qui consiste à utiliser le schéma du transformateur shunt et série uniquement pour le redressement ou la conversion du courant nécessaire à l'excitation de l'excitatrice.

Mais le redressement, dans le cas des courants polyphasés, peut déjà être obtenu par de simples commutateurs synchrones jusqu'à une puissance assez élevée. Dans ce but, on peut employer un appareil que nous avions désigné sous le nom de « commuteur » (voir brevet français n° 327986 de 1902) et qui est l'équivalent d'un collecteur fixe et de balais tournants.

La figure 14 représente un « commuteur » pour courants hexaphasés. Le collecteur fixe à six lames est représenté ici par six balais 1, 2, 3, 4, 5, 6 et les balais tournants par les lames A et B qui pourraient facilement, si besoin était, être divisés en plusieurs éléments séparés par des résistances. On a représenté sur la figure 14 les lames A et B reliées à des bagues sur

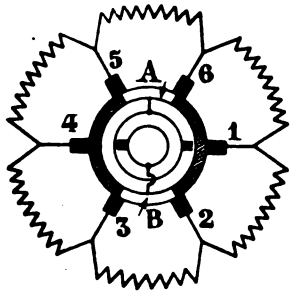


Fig. 14. — Commuteur pour courants hexaphasés, système Latour.

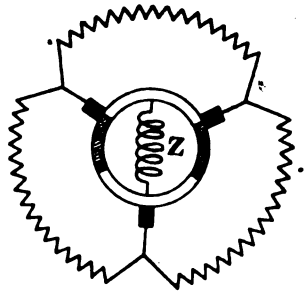


Fig. 15. — Commuteur triphasé, système Alexanderson.

lesquelles on capte le courant continu ou redressé. Les bagues peuvent disparaître dans le cas où le courant redressé doit alimenter un inducteur tournant à la condition de caler le « commuteur » sur l'arbre de cet inducteur tournant.

Nous pouvons dire, sans chercher à enlever à M. Alexanderson le mérite de son exécution, que l'alternateur auto-excitateur qu'il a réalisé comporte en réalité sur son arbre un « commuteur » triphasé (voir fig. 15 où l'enroulement inducteur est représenté par la lettre Z).

Au lieu de redresser les courants alternatifs, nous avions également songé à réaliser des machines synchrones à collecteur, dérivées de nos alternateurs asynchrones à collecteur, et qui étaient susceptibles d'admettre une alimentation directe par courants alternatifs (brevet allemand n° 166486). Nous étions ainsi conduit à admettre une division sinusoïdale des enroulements polaires. Les figures 16 et 17 appartenant à la description du susdit brevet suffiront à faire comprendre le sens de notre proposition. On démontre qu'une commutation parfaite pourrait être obtenue avec peu de divisions des enroulements polaires.

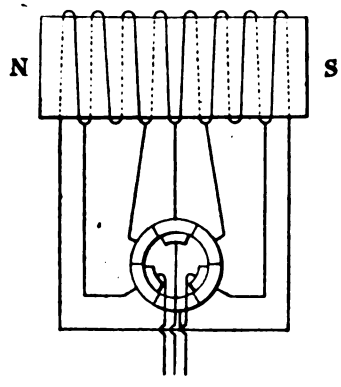


Fig. 16. — Schéma d'un alternateur synchrone à collecteur et à enroulements polaires sinusoïdalement divisés, système Latour.

M. Heyland avait imaginé une disposition équivalente avec des enroulements inducteurs en parallèle, qui était en réalité un acheminement vers la suppression du collecteur sur l'inducteur et le retour à l'alternateur auto-excitateur ordinaire consacré ensuite par Alexanderson.

Mais, en ce qui nous concerne, nous avons dès 1905 renoncé à toute construction spéciale pour le compoundage des alternateurs synchrones, et nous avons envisagé le compoundage de ces alternateurs par une commutatrice alimentée du côté alternatif avec la combinaison d'un transformateur dérivation et d'un transformateur série.

Déjà, au Congrès international des Electriciens de Paris en 1900, en présentant sa méthode de compoundage par excitatrice à réaction, M. Blondel se référait à cette combinaison dans les termes suivants :

« D'autres, comme M. Rice, font agir sur cette excitatrice convertisseur deux transformateurs, l'un en dérivation, l'autre en série. »

Mais, en fait, le seul procédé de compoundage par machine à bagues exploité par M. Rice (G. E. Co) a été celui de l'excitatrice à réaction par simple transformateur série. Avant 1905, aucune maison de construction n'avait donc mis en exploitation un système de compoundage avec transformateur shunt et série et commutatrice, et M. Blondel, à qui le système aurait pu être plus familier qu'à d'autres, s'en était désintéressé en

cédé de compoundage que M. Alexanderson, intervertissant les places de la résistance *r* et du circuit *Z*, aboutit au schéma rationnel de la figure 13 (voir aussi fig. 10) qu'il adopta dans la construction de ses alternateurs compound excités par du courant redressé. Nous avions eu, dès cette époque, la notion générale du schéma de compoundage telle que nous la présentons aujourd'hui.

Digitized by Google

faveur de sa méthode de compoundage par excitatrice à réaction. La théorie et la pratique nous ont démontré cependant qu'on peut obtenir avec cette méthode le compoundage le plus parfait. Les Ateliers de Jeumont (service de M. Perret) ont construit et mis en exploitation des alternateurs compound jusqu'à une puissance de 1 000 kv-a qui donnent une satisfaction absolue à la clientèle. Les figures 18 et 19 représentent, à titre d'exemple, des photographies d'alternateur compound en service depuis plusieurs années.

Voici comment nous avons présenté, en 1905 (brevet français, n° 355 274), le compoundage avec jeu de transformateur shunt et série et machine à bagues (que nous concevions de préférence avec un enroulement de compensation).

Soit, figure 20, une dynamo avec un enroulement d'excitation en dérivation a et un enroulement dit de compensation b alimenté en série avec l'induit. L'induit est muni de quatre bagues reliées à quatre points à 90 degrés de son enroulement de façon que l'on

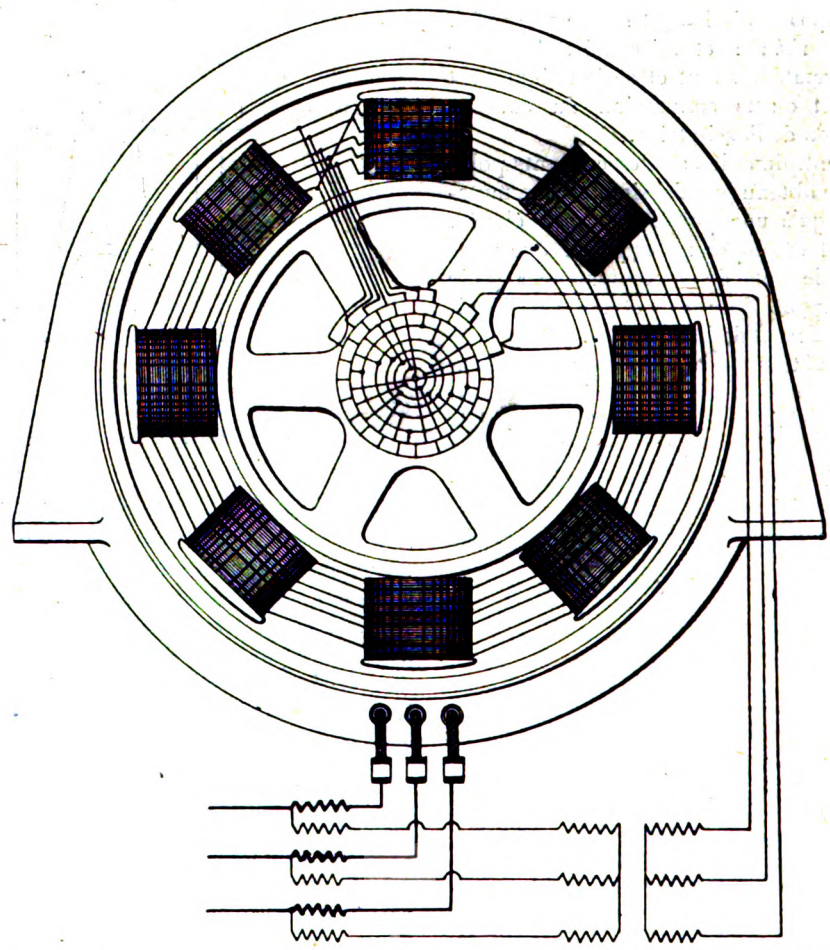


Fig. 17. — Alternateur synchrone à collecteur et à enroulements polaires sinusoïdalement divisés (système Latour).

puisse éventuellement recueillir deux forces électromotrices diphasées. L'induit tourne à la vitesse ω.

Si on supprime toute relation entre l'enroulement a et les balais de l'induit en vue de faire une excitation séparée à circuit ouvert, lorsqu'une tension x est appliquée à l'enroulement d'excitation a, la force électromotrice développée dans l'induit est kx. Tant que la dynamo travaille dans la partie rectiligne de sa caractéristique, k conserve une valeur constante. L'enroulement d'excitation étant effectivement mis en dérivation sur les balais, si k est égal à 1, la dynamo peut être considérée comme exactement auto-excitatrice. Mais on admettra, en toute généralité, que l'enroulement d'excitation est tel que k a une valeur quelconque plus grande ou plus petite que 1 et même négative. Une valeur négative de k signifierait que la dynamo tourne dans la direction inverse de celle dans laquelle l'auto-excitation serait concevable. L'induit ne débitant toujours aucune sorte de courant, la phase des tensions alternatives développées entre ses bagues deux à deux dépend uniquement de l'angle formé par le diamètre des prises de courant sur l'induit et la direction Y — Y du champ d'excitation.

Soient $V \sin \omega t$ et $V \cos \omega t$ deux tensions diphasées extérieures. On supposera que la dynamo est susceptible, avec une excitation séparée de grandeur et de sens convenables, de donner exactement ces deux ten-

Digitized by Google

sions diphasées et on admettra, en outre, que la direction du champ $Y - Y$ dans l'espace est telle que les tensions éventuellement produites par la dynamo seraient bien en phase deux à deux avec les tensions extérieures données.

Soit L le coefficient de self-induction de l'induit. On suppose sa résistance négligeable par rapport à son inductance. Cette approximation est légitime, parce que le type de la dynamo envisagée est celui d'une dynamo à grande réaction d'induit.

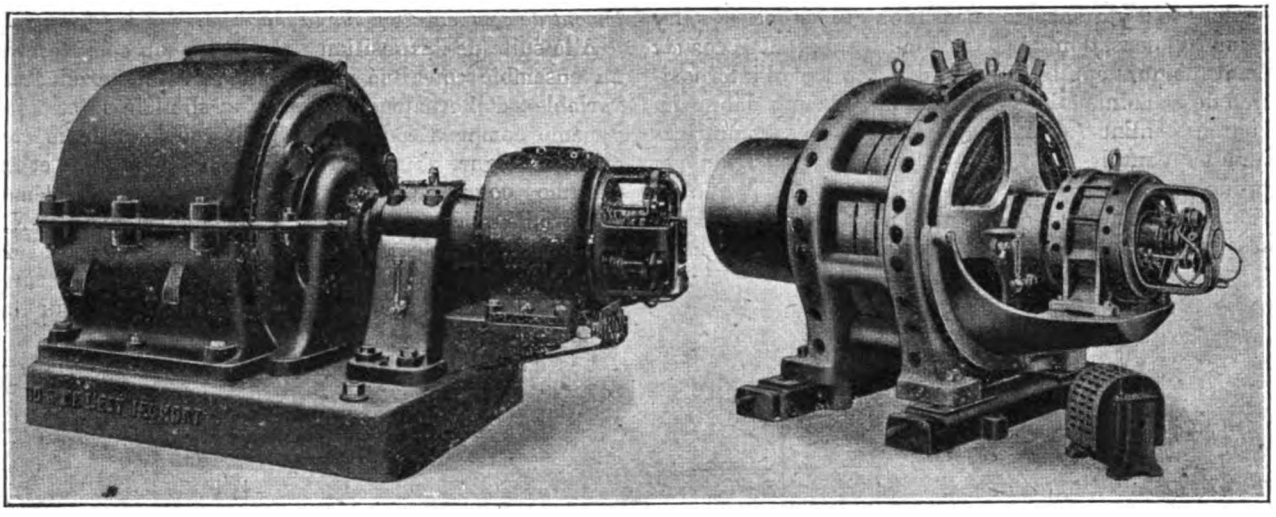


Fig. 18 et 19. — Alternateurs compound des ateliers de Jeumont, système Latour.

Si l'on applique les tensions $V \sin \omega t$ et $V \cos \omega t$ aux bagues de la dynamo avec l'interposition de selfs inductions de grandeur l, un certain régime s'établit. En désignant par x la tension entre balais correspondant à ce régime et par y la valeur maximum des courants alternatifs nécessairement déwattés admis par l'induit, le régime sera défini par les équations :

$$(1) \qquad y = \frac{V - kx}{(L + l)\,\omega}$$

$$(2) \qquad x = V - l\omega y.$$

D'où l'on tire :

$$y = \frac{V(1 - k)}{(L + l(1 - k))\,\omega}$$

$$x = V \frac{1}{1 + \dfrac{l(1 - k)}{L}}.$$

Si k est plus petit que 1 ou si k est négatif (c'est-à-dire si la dynamo tend à s'auto-exciter à rebours), les courants admis par l'induit sont des courants déwattés arrière [1]. Si k est plus grand que 1, les courants déwattés admis par l'induit sont des courants déwattés avant.

Pour le cas particulier et remarquable où k est égal à 1, la dynamo ne prend aucun courant par ses bagues, la dynamo est exactement auto-excitatrice. La tension entre balais est alors égale à V. Si l'on fait varier V en grandeur, il suffit dans tous les cas que le terme $\dfrac{l(1-k)}{L}$ reste constant pour que la tension entre balais soit proportionnelle à V. Le terme $\dfrac{l(1-k)}{L}$ restera constant à la seule condition que l et k restent constants. Or, on sait que la constance de k est très approchée, si on suppose que la dynamo travaille dans la partie rectiligne de sa caractéristique.

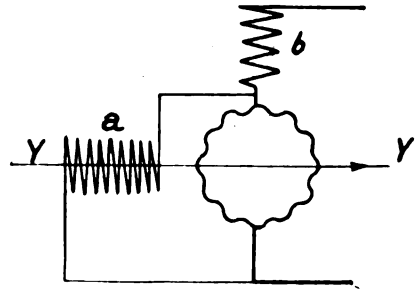


Fig. 20. — Dynamo compensée, système Latour.
Les bagues n'ont pas été représentées.

Au moment d'une variation de V en grandeur, la self-induction propre de l'enroulement d'excitation à courant ontinu retarde l'installation du nouveau régime de tension. Mais elle permet de dépasser, au contraire, momentanément ce régime si k est négatif (auto-excitation à rebours).

Le stator de la dynamo possède, en outre, le deuxième enroulement b alimenté en série, qui tend à produire

[1] M. Picou a réalisé des machines très intéressantes avec $k = 0$ (pas d'excitation continue).

Digitized by Google

un flux dans la direction des balais. On supposera, en toute généralité, que la compensation n'est pas parfaite, c'est-à-dire que, si l'on envoyait un courant alternatif $I \cos \omega t$ dans le système constitué par l'enroulement série du stator et l'induit à collecteur, on mesurerait entre balais une tension $\pm L_1 \omega I \sin \omega t$ (L_1 ayant le signe + s'il y a sous-compensation et le signe — s'il y a sur-compensation). Les tensions $V \sin \omega t$ et $V \cos \omega t$ étant toujours appliquées à la dynamo avec l'interposition de selfs-inductions l, lorsque la dynamo débite un courant continu I, par suite des forces électromotrices induites dans les circuits alternatifs par le champ que produit, suivant la ligne des balais, la circulation du courant continu I dans l'induit, la dynamo absorbe par ses bagues des courants wattés de grandeur maximum z, tels que :

$$z = \frac{L_1 I}{L + l}.$$

Dans le cas particulier et remarquable de la compensation parfaite par le stator $L_1 = o$. Les courants z sont alors nuls en même temps que la commutation est parfaite quel que soit le débit I. *On remarquera que la possibilité théorique de supprimer tout débit alternatif aussi bien que watté et déwatté est liée à la présence d'un enroulement de compensation sur la machine.*

A la suite de l'exposition précédente, on considérera un ensemble constitué par un nombre indéterminé et variable d'alternateurs diphasés similaires et une dynamo compensée du type décrit calés sur le même arbre. La figure 21 ne représente qu'un alternateur et la dynamo compensée. Les machines ayant le même nombre de pôles, les axes des flux des inducteurs X — X, Y — Y ainsi que les diamètres des prises de courant sur les induits sont parallèles. La figure 21 ne représente qu'une des deux phases sur l'alternateur et sur la dynamo compensée.

Les courants débités par l'induit d'un alternateur

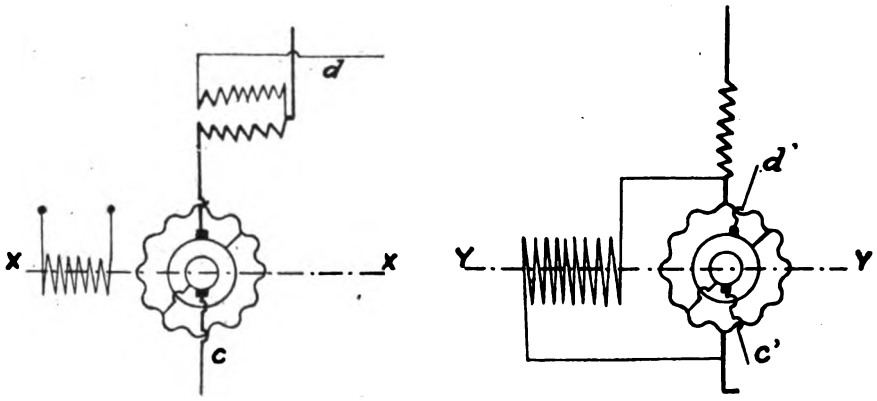


Fig. 21. — Alternateur et dynamo compensée, système Latour.

traversent les primaires de transformateurs dont les secondaires sont mis en série avec les circuits de l'alternateur. La figure 21 représente seulement cette disposition pour la phase représentée dans la figure.

La tension que l'on peut mesurer entre les points c et d indiqués sur la figure 21 correspondra en grandeur et en phase avec la force électromotrice V induite dans l'armature de l'alternateur par son champ extérieur, à la seule condition que le coefficient d'induction mutuelle entre le primaire et le secondaire du transformateur série soit égal au coefficient de self-induction de l'alternateur lui-même. Dans ces conditions, la phase de la tension mesurée entre les points c et d correspondra, quoi qu'il advienne, à la phase de la tension que l'on pourrait mesurer entre c' et d', c'est-à-dire entre les bagues de l'excitatrice travaillant à circuit ouvert. Si l'on met les points c et d en relation avec les points c' et d', on aura l'interposition de la self-induction introduite par le transformateur série et de la self-induction, d'ailleurs négligeable, de l'alternateur.

On admettra que l'alternateur est à basse tension et que la dynamo est susceptible de développer la tension V. Il a été démontré que, dans ces conditions, la tension x donnée par la dynamo entre balais est égale à

$$V \frac{1}{1 + \frac{l(1-k)}{L}}.$$

Elle sera toujours proportionnelle à V, à la seule condition que $\frac{l(1-k)}{L}$ soit constant. Cette condition est réalisée si k est constant, c'est-à-dire si la dynamo travaille dans la partie rectiligne de sa caractéristique.

La tension x devient alors théoriquement proportionnelle à ce qu'il faut entretenir aux bornes du circuit d'excitation de chaque alternateur pour développer la tension V. On conçoit donc que, pour ces bobinages appropriés sur les inducteurs des alternateurs, on puisse substituer à leurs excitatrices la dynamo compensée représentée dans la figure 2. Le débit de la dynamo, celle-ci étant compensée, n'introduira aucune perturbation spéciale. Si les alternateurs sont à haute

Digitized by Google

tension, on abaissera la tension aux bornes de l'alternateur ou la tension entre les points c et d avec un transformateur ordinaire suivant des procédés connus.

La tension entre balais étant donnée par la formule :

$$x = V \frac{1}{1 + \frac{l(1-k)}{L}},$$

on pourra agir sur x en modifiant l ou k. La modification de k est facile. Il suffit de modifier la résistance mise en série avec l'excitation en dérivation, ou la résistance mise en dérivation avec l'excitation série. Pour modifier le courant dans les circuits d'excitation des alternateurs, il suffira de modifier la résistance des circuits. *Il est remarquable qu'aucune de ces modifications n'altère le mode d'action du réglage automatique.*

k ayant une tendance à diminuer à mesure que la tension augmente, on peut disposer en dérivation sur l'excitation série une résistance métallique dont la résistance augmente sensiblement avec l'intensité.

Excitatrices Boucherot et Leblanc. — A propos de la question du compoundage des alternateurs, M. Boucherot et M. Leblanc se sont posés le problème de réaliser des dynamos excitatrices dont le stator jouant le rôle d'inducteur est alimenté par des courants alternatifs non redressés, tandis que le rotor muni d'un collecteur fournit néanmoins du courant continu. En d'autres termes, ces inventeurs ont cherché à extraire du courant continu du rotor d'une machine d'induction par des balais fixes. A ces fins, M. Boucherot a constitué un rotor induit comportant deux enroulements sinusoïdaux, c'est-à-dire des enroulements tels que les nombres de spires en série entre balais varient sinusoïdalement (1).

M. Leblanc a constitué de son côté un rotor induit avec un collecteur ayant une polarité différente de l'enroulement et comportant éventuellement des connexions au collecteur inversées.

Les excitatrices Boucherot et Leblanc pouvaient être construites avec une fréquence propre plus faible que celle de l'alternateur. Il en résultait un certain avantage dans le cas des alternateurs à vitesse lente, à savoir que l'excitatrice compoundeuse pouvait être calée sur l'arbre de l'alternateur, tout en conservant un nombre de pôles réduit.

Avec les machines modernes à grande vitesse, cet avantage a disparu, car les alternateurs mêmes ont déjà peu de pôles.

M. Leblanc, n'ayant pas recours à la connexion des transformateurs dérivation et série, réalisait son excitatrice avec deux stators disposés côte à côte et alimentés l'un en série et l'autre en dérivation sur l'alternateur. C'était une complication.

En réalité, le transformateur de compoundage peut aussi bien être utilisé avec l'excitatrice Leblanc qu'avec l'excitatrice Boucherot et c'est une forme de compoundage que nous reprendrions très volontiers. On a le léger avantage de supprimer tous contacts du côté alternatif.

M. Latour.

(1) Nous avons nous-même fait ultérieurement application de la loi du sinus dans la constitution de certains enroulements. Comme on sait, M. Maurice Leblanc avait fait intervenir cette loi dans le panchahuteur.

Les lampes à incandescence

Dans la première partie de cet article, publiée dans le numéro du 2 juin, p. 848-852, l'auteur rappelait les lois du rayonnement et indiquait les valeurs trouvées pour le rendement des sources lumineuses. Dans cette seconde partie, il expose sommairement les principes de la fabrication des divers types de lampes à incandescence en examinant successivement le filament de carbone, les filaments métalliques, le filament Nernst, l'atmosphère gazeuse de l'ampoule.

II. — Divers types de lampes à incandescence (1). — Les lampes à incandescence diffèrent entre elles par la nature du filament et par celle de l'atmosphère gazeuse qui remplit l'ampoule.

(1) Sur la technique des lampes à incandescence voir les ouvrages suivants :

David. *Lampes à incandescence*. Geissler (Encyclopédie électrotechnique), 1913.

Jean Escard. *Les lampes électriques*. H. Dunod et E. Pinat, 1912.

H. Pécheux. *Les lampes électriques*. Gauthier-Villars et Masson (Encyclopédie des Aide-Mémoire).

Nous renverrons à ces monographies pour tout ce qui concerne les détails de fabrication.

Sur les progrès récents des lampes à incandescence voir également T. Pausert, *Quelques brevets récents concernant les lampes à incandescence* (*La Revue électrique*, 3 avril 1914, t. XXI, p. 339, 3 juillet, t. XXII, 1914, p. 30, 17 juillet p. 80, 18 février 1917, t. XXV, p. 111).

1. — Filament de carbone. — Généralités. — Les filaments de carbone des lampes modernes sont généralement formés de deux parties concentriques : le *filament de base* ou *âme*, obtenu par calcination de cellulose filée, et la *gaine* ou couche graphitique extérieure qui entoure complètement l'âme et est constituée par du carbone déposé à haute température. L'ensemble de ces deux couches permet au filament de réaliser les différentes conditions que réclame son emploi :

1° Il doit être de *constitution très uniforme* sur toute sa longueur afin de posséder une résistance électrique égale en tous ses points et, par suite, de pouvoir fournir une lumière régulière. Cette uniformité de constitution

Digitized by Google

contribue du reste à assurer une longue durée à la lampe, les différents points du filament s'échauffant également.

2° La *résistance mécanique* élevée doit s'accompagner d'une certaine *élasticité* qui lui permette de subir sans se briser des chocs et des secousses violentes. Le rôle de la gaine est précisément de donner au filament cette élasticité, l'âme seule étant trop fragile.

3° La *résistance électrique* doit être suffisamment élevée pour permettre à la lampe de fonctionner sur des distributions de tensions au moins égales à 100 ou 120 v, tensions ordinaires de la plupart des réseaux urbains. Voici d'après M. Escard (1) la résistivité de filaments de charbon ayant même composition et même origine, mais différents de longueur et de section et soumis à des régimes électriques variés :

Tableau VII. — *Résistivités de filaments de carbone.*

TENSION EN VOLTS	INTENSITÉ EN AMPÈRES	LONGUEUR DU FILAMENT EN CM	DIAMÈTRE DU FILAMENT EN MM	RÉSISTIVITÉ EN MICROHMS-CM
				$3{,}680_{(a\ froid)}$
220	0,13	20,6	0,055	1,940
110	1,41	25,4	0,290	1.980
10	1,18	2.9	0,231	1,226
55	1.01	19,9	0,105	1,092

D'après M. Le Chatelier, le rapport de la résistivité ρ_t d'un filament de carbone à la température t, à celle ρ_0 qu'il possède à 0° peut être exprimée par la formule empirique suivante :

$$(8) \qquad \frac{\rho_t}{\rho_0} = 1 - 0{,}0004\, t + 0{,}000\,000\,062\, t^2.$$

Cette formule montre que le coefficient de température du carbone est négatif, c'est-à-dire que sa résistivité diminue lorsque la température croît : cela est du reste un inconvénient sérieux au point de vue de l'autorégulation des lampes.

Selon la tension qu'ils doivent supporter en service, les filaments ont des diamètres très variables mais généralement compris entre 0,05 mm et 0,15 mm. Le filament d'une lampe de 10 bougies a un diamètre de 0,05 et pèse 0,0014 g; il y en a donc près de 700 000 au kilogramme.

Préparation du filament. — Le filament, pour la constitution duquel on a longtemps employé la fibre de bambou (Edison), est actuellement préparé au moyen de cellulose dissoute dans un liquide convenable. On peut, par exemple, employer les proportions suivantes :

Cellulose (paille de riz, coton hydrophile, papier à cigarettes)	5 g
Chlorure de zinc neutralisé	100 g
Eau distillée	50 g

(1) Jean Escard, *loc. cit.* p. 211.

La liqueur est ensuite chauffée doucement. On fait passer la pâte obtenue dans une filière, sous une pression modérée ; elle en sort sous forme de fils bleus qui tombent dans l'alcool méthylique à 90°.

Dans quelques usines, le filament est fait de collodion obtenu par dissolution du coton dans parties égales d'éther et d'alcool, puis réduction dans le sulfure d'ammonium.

Hadden augmente le pouvoir éclairant du filament en incorporant au charbon de l'acide borique. L'acide borique placé dans un creuset en plombagine est fondu et chauffé à blanc dans un four pendant deux ou trois heures. Le contenu du creuset est ensuite versé sur une table ; après complet refroidissement, la matière vitrifiée est réduite en poudre fine, passée au tamis et mélangée intimement au charbon qui doit constituer le filament.

Les gros filaments, qui sont surtout employés dans les lampes à basse tension et à grande intensité, sont obtenus de préférence à l'aide d'une pâte analogue à celle des crayons des lampes à arc. La « British Thomson-Houston Co » emploie le procédé suivant : du graphite pur, obtenu en chauffant un dépôt de noir de fumée dans un four électrique tubulaire à 2 500° environ, est mélangé avec un liant convenable de manière à former une pâte. Celle-ci, pressée à travers une filière, donne naissance aux filaments qui sont ensuite chauffés à une température suffisante pour carboniser le liant et produire un filament entièrement composé de graphite. Les filaments sont finalement chauffés dans le vide par le passage d'un courant.

Carbonisation. — Le filament est lavé avec soin dans l'eau, séché, contrôlé exactement au point de vue de son épaisseur au moyen d'un micromètre et est ensuite enroulé, soit en fer à cheval, soit en boucles de la forme connue, sur des blocs de graphite. Il est encore *vert*, ou à l'état *brut*, et doit être *carbonisé*.

Pour cela, on empile les blocs dans des creusets et on les recouvre de poussière de charbon aussi fin que possible, afin d'empêcher l'accès de l'air pendant la cuisson qui s'opère dans des fours dont la température peut atteindre 1 500° C. Sous l'effet de cet échauffement qui dure vingt-quatre heures les fils de cellulose se transforment en carbone et conservent la forme du moule sur lequel ils étaient enroulés.

Carburation ou nourrissage. — Étudiés au microscope, les fils carbonisés présentent encore certains défauts : ils possèdent par endroit des étranglements, des renflements et n'ont pas en chaque point la même résistivité. Ils sont en outre poreux et hygroscopiques. Ces défauts sont dus aux gaz renfermés dans la fibre brute et qui, en s'échappant par volatilisation ou dissociation, ont laissé à leur place des espaces vides de matière que la carburation va combler.

Cette opération consiste à former sur le filament, chauffé par un courant électrique, un dépôt épais de charbon provenant d'un gaz riche en carbures (gaz

Digitized by Google

d'éclairage, benzine, gazoline, etc.). Le filament augmente ainsi légèrement de diamètre, sa résistance diminue et il se désagrège moins rapidement.

Métallisation. — Howell (1897) est parvenu à améliorer la qualité des filaments préalablement carburés par un procédé qui consiste à les porter à très haute température dans un four électrique. On dispose les filaments, en paquets, dans de petites boîtes cylindriques en charbon qu'on introduit elles-mêmes dans un autre tube de charbon échauffé par le passage du courant électrique. Les filaments sont ainsi soumis à des températures allant de 3 000 à 3 700°.

Par ce traitement, la résistance à froid des filaments peut être diminuée de 80 pour 100; de plus, elle acquiert un coefficient de température positif dans une grande partie de la région étudiée. Enfin, ces filaments noircissent bien moins les ampoules des lampes que les filaments ordinaires, ce qu'on peut attribuer à la disparition presque complète de toute cendre minérale de leur masse ou à la dissociation parfaite des carbures volatilisables ou dissociables à très haute température seulement.

Howell employant des filaments ainsi *métallisés* au four électrique a fabriqué des lampes consommant 2,5 watts par bougie, d'une durée utile de cinq cents heures.

Le procédé Hugo Draker (1) consiste à mettre des filaments de charbon poreux (obtenus en comprimant un mélange de charbon réduit en poudre et d'un liant) en présence de corps métalliques, du mercure ou du bismuth par exemple, et, en même temps, de corps non métalliques, comme par exemple du silicium (de préférence sous forme de carbures) et à les soumettre, dans le vide, aux températures très élevées d'un four électrique. Vers 1 000°, les vapeurs de mercure qui sont alors seules — puisque le silicium ne se vaporise qu'au delà de 1 700° — pénètrent dans les pores des filaments, sans toutefois les remplir complètement. Entre 1 700 et 1 800° le silicium se vaporise à son tour et pénètre dans les pores qu'il remplit complètement : le silicium forme en même temps une couche à la surface des filaments de charbon saturés de vapeurs de mercure. Les filaments préparés de cette façon présenteraient, grâce à la vapeur de mercure absorbée, l'avantage d'une faible dépense de courant ; ils seraient aussi très solides et très durs, grâce à la couche de silicium.

Remarque. — Les lampes à filament de carbone sont, à l'heure actuelle, bien délaissées par les inventeurs ; le seul avantage qu'on pourrait encore revendiquer en faveur du filament de carbone, sa grande solidité, semble ne plus exister, car les lampes à filament de métal sont couramment employées dans les tramways et matériels roulants où elles sont soumises à de fortes trépidations et même sur les automobiles où elles supportent de véritables chocs quand la voiture roule sur du mauvais pavé.

(1) *Brevet français n° 409 906*, du 6 mai 1910.

2. — Filaments métalliques. — Les principaux métaux utilisés comme filaments dans les lampes à incandescence sont : le tantale, le tungstène et l'osmium. De nombreux essais ont été faits sur la possibilité des filaments formés d'alliages (titane-tungstène, osmium-iridium, zirconium-tungstène, zirconium-tantale, tungstène-tantale, tungstène-tellure). Les résultats ont été satisfaisants, principalement en ce qui concerne la durée de fonctionnement; mais, sauf pour quelques lampes, les rendements sont généralement au-dessous de ceux qu'on obtient avec les lampes dans lesquelles le filament métallique est d'une seule substance.

Fabrication des filaments. — Les procédés de fabrication des filaments sont extrêmement nombreux. Nous les classerons avec M. Blondel (1) en :

1° *Procédés directs* dans lesquels on obtient le filament directement à partir du métal ou d'un composé du métal;

2° *Procédés indirects* qui supposent tous l'emploi d'un filament exécuté préalablement dans une autre matière et servant de support temporaire ou définitif à la surface rayonnante.

Procédés directs. — Dans les filaments obtenus par un procédé direct, on peut encore distinguer : 1° les filaments étirés à la filière; 2° les filaments filés à la presse dans une filière au moyen de pâtes plastiques. Ces derniers peuvent eux-mêmes être classés en trois groupes suivant qu'ils sont formés de poudre métallique pure (ou qu'on peut rendre pure par simple chauffage), ou de poudres métalliques contenant des impuretés qui ne peuvent être éliminées que par un traitement spécial, ou enfin de composés métalliques binaires qui exigent un traitement chimique pour être transformés en métal pur.

1. *Filaments étirés.* — L'idée la plus naturelle, c'est de chercher à obtenir le métal pur et à le tréfiler. Cette méthode, brevetée pour la première fois par la société Siemens et Halske, a été appliquée tout d'abord par Bolton au tantale pur.

Le *tantale* n'est ductile qu'à l'état de pureté absolue. Cette purification présente d'ailleurs de grandes difficultés : il faut faire fondre le tantale dans le vide sous l'action d'un arc jaillissant lui-même d'une électrode au tantale; les composés oxygénés, hydrogénés, etc., sont volatilisés.

Pendant longtemps on n'a pu tréfiler industriellement que le tantale pur. Mais, depuis 1910, la General Electric Co est arrivée à préparer le tungstène ductile (2).

Le *tungstène* fond vers 3 200°. On peut obtenir des globules de métal fondu à une température moins éle-

(1) A. Blondel. *Bull. de la Société intern. des Electriciens*, février 1909, p. 79-110.

(2) Signalons en passant que l'industrie si importante des lampes à incandescence a pour origine les travaux de la General Electric Co et, parmi les brevets de cette Compagnie, le brevet Just et Hanamann. Divers procès, aux Etats-Unis, ont confirmé à la Société le privilège exclusif des lampes à filament pressé aussi bien qu'à filament étiré.

Digitized by Google

vée, en opérant au four électrique ; mais, de toute façon, le tungstène fondu est extrêmement cassant ; un globule de métal qui a été soumis à la fusion se pulvérise sous le choc d'un marteau comme le ferait un globule de verre.

A l'origine de la lampe au tungstène, les filaments étaient préparés en additionnant au tungstène en poudre un liant organique (amidon ou gomme), ou métallique (amalgame). On passait le mélange à la filière, sous pression ; puis on éliminait le liant. Les fils ainsi obtenus étaient très cassants et très fragiles. Ce procédé de fabrication est aujourd'hui abandonné et le tungstène étiré, que l'on emploie exclusivement, se prépare de la façon suivante :

La poudre de tungstène sèche est comprimée sous une pression élevée dans un moule solide, à la presse hydraulique. On obtient ainsi une barre peu résistante, la poudre étant employée sans aucun liant. On la place, avec de grandes précautions, sur une plaque appropriée, une plaque de molybdène habituellement, et on la chauffe dans un four électrique, à une température de 1 300° environ, durant une demi-heure. Pendant l'opération, on fait passer dans le four un courant d'hydrogène pour empêcher l'oxydation. Ce traitement durcit la barre qui acquiert ainsi suffisamment de résistance pour qu'on puisse la manipuler sans qu'il y ait trop grand danger de la briser. Cette barre est placée entre deux pinces que l'on relie à une source d'énergie électrique et on fait descendre sur le tout une sorte de cloche refroidie par une circulation d'eau. On fait passer le courant électrique et on porte la barre à une température voisine de la température de fusion pendant quelques minutes. On diminue ensuite le courant graduellement et on laisse refroidir. La barre a alors une très grande consistance mais elle ne possède encore aucune ductilité.

La lame est ensuite passée au laminoir ou à la filière après avoir été portée préalablement à une température de 1 500° dans un four électrique à résistance où on la chauffe dans une atmosphère d'hydrogène. Le travail mécanique doit se faire rapidement sans que la barre ait le temps de se refroidir d'une façon appréciable. La barre commence à devenir ductile après un certain nombre de passes. Après qu'elle a atteint un diamètre d'environ 0,75 mm, on continue à l'amincir dans des filières à diamant dont on fait décroître la température de 650° à 400° à mesure que le filament s'amincit. Réduite au diamètre de 0,005 mm, la tige peut déjà s'enrouler autour du doigt sans se casser; au diamètre de 0,001 mm le filament est tout à fait ductile et étirable à froid, bien qu'il soit préférable de continuer à chauffer la filière aux environs de 400° (1).

2. *Filaments filés en métal pur.* — V. Bolton a employé, notamment pour le *tantale*, des pâtes formées de poudre métallique très fines, agglomérées par la paraffine ou par un autre liant entièrement volatilisable par la chaleur. Après cette volatilisation, faite avec précaution, on agglomère le filament par soudure autogène en le portant à une vive incandescence au moyen d'un courant électrique. Mais ce procédé n'est pas devenu industriel faute de solidité du filament après volatilisation du liant.

Au contraire, on obtient des pâtes excellentes et des filaments variables par le filage des colloïdes métalliques desséchés avec précaution, suivant le procédé de Kuzel. On prépare une solution colloïdale des métaux réfractaires par une des méthodes connues, par exemple, en faisant jaillir sous l'eau un arc électrique entre électrodes du métal choisi. On évapore la pseudo-solution, on presse le colloïde gélatineux à travers une filière et on obtient ainsi des filaments non conducteurs qu'on dessèche avec précaution et qu'on porte, dans l'hydrogène ou dans le vide, à une température de 100° environ pour leur donner une certaine conductibilité. En faisant passer alors un courant électrique, on amène le filament à l'incandescence; il prend une structure métallique et homogène, tout en diminuant beaucoup de diamètre et de longueur. Un grand nombre de métaux peuvent ainsi être transformés en filaments ductiles et tenaces; tels sont le chrome, le manganèse, le platine, le niobium, le thorium, le titane, le molybdène, l'osmium, le tungstène.

La British Thomson-Houston Co prépare des filaments de *tungstène* à partir du tungstène en poudre que l'on mélange à l'oxyde de cuivre ainsi qu'à de l'amalgame de cadmium et de bismuth. On obtient alors une pâte que l'on peut filer. En chauffant les filaments ainsi préparés, le mercure distille, en même temps qu'une partie du cadmium réagit sur l'oxyde cuivrique pour donner un oxyde double de cuivre et de cadmium. En continuant à échauffer progressivement le filament, mais dans le vide cette fois, le bismuth et, finalement, le cuivre, disparaissent par évaporation si la température est convenable. Grâce à ce procédé, le cadmium et le bismuth à l'état liquide imbibent le filament sans former de globules de métal fondu et on obtient un filament de tungstène bien régulier et bien aggloméré.

Dans le procédé Siemens et Halske, on part de la poudre de *tungstène* que l'on introduit dans un tube formé d'un métal suffisamment malléable, comme le cuivre ou l'aluminium. Ce tube a environ 50 mm de longueur, 4 mm de diamètre extérieur et 0,2 mm d'épaisseur. On l'introduit à son tour dans un tube d'acier ayant 4 mm de diamètre intérieur et 4 mm d'épaisseur. Une fois que l'air et les autres gaz occlus dans la poudre métallique ont été expulsés du cylindre par une chauffe légère, on étire l'ensemble comme s'il était formé d'une masse homogène solide et jusqu'à ce qu'il possède le diamètre voulu. On obtient ainsi un tube ductile extrêmement fin avec axe en tungstène entouré de deux minces enveloppes métalliques. Ces dernières sont éliminées au moyen de bains successifs d'acide sulfurique et d'acide chlorhydrique. On coupe alors le filament à la longueur désirée. On peut le purifier en le chauffant dans le vide par le passage d'un courant électrique, ce qui volatilise les éléments autres que le tungstène.

3. *Filaments filés en métal impur.* — Les impuretés ordinaires sont, soit l'oxyde, soit le carbure du métal. Ce dernier provient du liant organique employé pour le

(1) D'après les inventeurs, la ténacité de ces filaments serait de 450 kg : mm².

Digitized by Google

filage (goudron, gomme, sucre, etc.), qu'on emploie dans la pâte pour donner aux filaments la cohésion et la ductilité nécessaires. On est alors obligé de purifier, après calcination, le filament, par réduction et décarburation.

Cette méthode, employée d'abord par Auer et ses collaborateurs pour la fabrication des filaments d'*osmium*, a été étendue par la Société allemande aux filaments de *tungstène* qu'elle fabrique sous le nom d'*osram*.

Le filament métallique aggloméré est tout d'abord chauffé dans le vide ou un gaz inerte tel que l'hydrogène et contient un mélange de métal éventuellement un peu oxydé et de carbone. Le carbone, soit qu'il demeure à l'état libre (osmium), soit qu'il forme un carbure (tungstène) doit être enlevé sans oxyder le métal, ou même en réduisant les parties oxydées.

Cette décarburation se fait en portant le filament à l'incandescence dans une atmosphère d'hydrogène additionnée d'une proportion très faible (2 à 3 pour 100) de vapeur d'eau et ayant soin d'employer de préférence de basses pressions (20 à 30 mm de mercure). Pour réduire toute trace d'oxyde, on doit porter ensuite le filament à l'incandescence dans une atmosphère d'hydrogène pur.

D'autres procédés de décarburation ont été proposés. La Société d'Augsbourg a constaté que le carbone peut être éliminé par simple distillation si l'on chauffe le filament à l'incandescence dans le vide, pendant une durée de douze à vingt-quatre heures.

Pour préparer des filaments de *zirconium*, Wedding soumet de l'oxyde de zirconium et du magnésium à l'action de l'hydrogène sous une température très élevée, ce qui donne un alliage de composition plus ou moins constante. Ce corps est ensuite pulvérisé et transformé, grâce à l'addition d'une solution de cellulose, en une masse plastique homogène. C'est de cette masse que l'on étire les filaments. On fait carboniser les filaments dans une atmosphère ne contenant aucune trace d'oxygène; ils prennent alors un aspect métallique.

Dans le procédé de la British Thomson-Houston Co (1908), on part d'une solution chaude d'azotate de zirconium que l'on précipite par de l'oxalate d'ammoniaque; on obtient ainsi une solution d'oxalate de zirconium qui est gélatineuse. On incorpore à la gelée une quantité suffisante de carbone en vue de le combiner avec l'oxygène en excès de l'oxalate au moment de la cuisson. Dans le cas où l'on veut préparer des filaments en alliage de zirconium, on incorpore les métaux choisis à la solution gélatineuse d'oxalate.

4. *Filaments filés en composés métalliques.* — Au lieu d'employer des poudres métalliques, ce qui suppose une première opération dispendieuse pour la préparation du métal, on a proposé de préparer les filaments avec des composés binaires et de faire subir l'opération de la réduction aux filaments obtenus, ce qui permet, en même temps, de pousser au maximum la contraction avantageuse qu'ils subissent, et d'obtenir des filaments d'un diamètre très inférieur à celui de la filière employée.

De nombreux composés binaires ont été proposés à cet effet. Les meilleurs résultats ont été obtenus à partir des oxydes, soit à l'état colloïdal, soit à l'état de poudre agglomérée par un liant.

Le procédé Lux a donné de bons résultats. On traite les trioxydes du *tungstène* ou du *molybdène* par un excès d'une solution d'ammoniaque ou d'une amine alcoolique jusqu'à formation d'acides tungstique ou molybdique hydratés gélatineux. On ajoute ou non un peu de noir de fumée, on agglomère par un liant organique et on file la pâte obtenue. Le filament est rendu tout d'abord conducteur par un chauffage à l'air vers la température du rouge, puis est porté à l'incandescence dans le vide ou dans un gaz inerte par le passage d'un courant; dans ces opérations, le carbone du liant réduit l'oxyde métallique et s'élimine sous forme d'oxyde de carbone. S'il reste de l'oxyde non réduit, il est électrolysé et volatilisé à haute température. La contraction considérable que subit le filament pendant cette formation et qui peut réduire sa longueur de moitié semble exiger la formation du filament hors de l'ampoule.

Le procédé Allen permet d'obtenir un *alliage de titane-tungstène* qu'on a utilisé pour la fabrication de filaments d'une grande homogénéité qui peuvent ainsi être réduits à des diamètres très fins. On part du nitrite de titane finement pulvérisé qu'on obtient en faisant passer un courant de gaz ammoniac pur sur du bioxyde de titane chauffé. Ce nitrite de titane est mélangé avec un égal volume de trioxyde de tungstène pur également pulvérisé, puis on ajoute au tout de la paraffine, et on file la masse obtenue. Les filaments sont chauffés dans un tube de porcelaine traversé par un courant d'hydrogène qui réduit l'oxyde de tungstène contenu dans le mélange.

On monte alors le filament dans la lampe, on fait le vide, et on porte le filament à l'incandescence au moyen du courant électrique : le nitrite de titane se dissocie tandis que le métal mis en liberté se combine au tungstène déjà libre. Le filament, qui a diminué de section pendant cette opération, se trouve formé d'un alliage très pur de titane et tungstène.

PROCÉDÉS INDIRECTS. — Nous distinguerons dans ce groupe :

1°	Les procédés de nourrissage simple;		
2°	id	id	suivi de décarburation;
3°	id	id	par substitution.

1. *Nourrissage simple.* — De nombreux inventeurs ont proposé des méthode des fabrication des filaments métallisés en déposant sur un filament de carbone des métaux ou des oxydes précipités par une réaction qui se produit au contact du filament incandescent. Les divers procédés essayés n'ont pas généralement donné de bons résultats, par suite de l'impossibilité d'éliminer le filament support dont les propriétés sont moins favorables que celles du métal. Le nourrissage au *tungstène* est cependant utilisé accessoirement pour renforcer ou égaliser le filament du même métal.

2. *Nourrissage suivi de décarburation.* — Le procédé de nourrissage est devenu pratique le jour où Just et

Digitized by Google

Hanamann ont eu l'idée de le faire suivre d'une décarburation suivant la méthode d'Auer. Ils prennent comme support un filament de carbone qu'ils portent à l'incandescence dans une atmosphère formée d'un gaz réducteur tel que l'hydrogène, mélangé de composés réductibles comme le chlorure ou l'oxychlorure de *tungstène* ou de *molybdène* (de préférence, Tu Cl^6, hexachlorure de tungstène, ou Mo Cl^5, pentachlorure de molybdène). On limite le dépôt à une couche; puis on porte le filament dans l'hydrogène ou un gaz inerte à une haute température, ce qui a pour effet de combiner le carbone avec le métal; on ajoute ensuite au gaz une petite quantité de vapeur d'eau ou d'un gaz oxydant analogue à Tu O^2 ou Mo O^2, qui détruit le carbone des couches superficielles suivant l'une des réactions suivantes :

$$TuO^2 + 2C = 2CO + Tu$$

$$MoO^2 + 2C = 2CO + Mo.$$

Ce carbone est remplacé peu à peu par celui des couches profondes et l'attaque continue jusqu'à oxydation complète et disparition du carbone. On opère de préférence sous faible pression pour éviter une trop forte dépense d'énergie par conduction du gaz et la déformation des filaments que provoque une trop forte pression.

Pour les filaments de *molybdène*, on opère aussi de la manière suivante : les filaments de carbone, soumis à l'action du courant électrique en présence de l'hydrogène dans une atmosphère de pentachlorure de molybdène, ayant été transformés en carbures de molybdène, on les introduit dans un four après les avoir enveloppés de bioxyde MoO^2 en poudre très fine. La chaleur très intense qui règne dans le four (1 600° environ) provoque la formation du molybdène, d'après la même réaction que plus haut.

3. *Nourrissage par substitution.* — Le procédé précédent rend assez difficile la décarburation complète et se prête d'ailleurs mal à la fabrication des filaments très fins qui exigeraient un filament initial de carbone trop fragile. Aussi a-t-on essayé de le perfectionner en réunissant les deux opérations du nourrissage et de la décarburation en une seule, ce qu'on obtient en ajoutant au gaz de nourrissage une petite quantité de vapeur d'eau. Dans ces conditions, l'oxydation du filament de carbone se fait au fur et à mesure du dépôt métallique et l'âme de carbone a disparu avant la fin du nourrissage qui, à partir de ce moment, ne sert plus qu'à amener le filament à son diamètre définitif.

Un procédé de substitution tout à fait analogue a été employé, dès 1901, par Blau, de la Société Auer allemande, pour la fabrication des filaments d'*osmium*. Il consiste à porter à l'incandescence un filament de carbone dans une atmosphère d'hydrogène contenant, avec une certaine quantité de vapeur d'eau, de l'acide osmique volatilisé qui se réduit et se dépose en même temps que s'oxyde et disparaît le support de carbone.

Ces procédés ingénieux présentent l'avantage qu'ils dispensent de la préparation délicate du fragile filament filé en poudre métallique ou en oxyde. Mais ils ont, par contre, l'inconvénient d'exiger un tour de main assez difficile et, surtout, ils se prêtent moins bien à la fabrication des filaments très fins que les procédés directs à l'oxyde.

Préparations des filaments de tantale par voie électrolytique et sous l'action des rayons cathodiques. — Signalons encore, pour la préparation des filaments de tantale, deux procédés qui ne rentrent dans aucun des groupes précédents.

D'abord le procédé Bouhard (1908). On dissout 100 parties de tantalate de potassium dans 3 000 parties d'eau et on ajoute de l'acide sulfurique jusqu'à ce qu'il ne se forme plus de précipité. Après plusieurs heures de repos, le précipité est filtré, lavé et repris dans 1 000 parties d'eau à 65° C. On ajoute 5 pour 100 d'acide oxalique et le précipité est redissous. L'excès d'acide oxalique est neutralisé par l'ammoniaque et on ajoute à la liqueur 3 pour 100 d'acide sulfurique ou chlorhydrique. Le composé ainsi obtenu peut être directement électrolysé en utilisant une anode de charbon ou de platine, la cathode étant constituée par un fil très fin de platine ou même de charbon (filament de lampe). Une tension de 2 v aux bornes du bain suffit pour provoquer le dépôt de tantale sur son support. Lorsqu'il a atteint une épaisseur suffisante, on arrête le courant et l'on substitue un second filament au premier dans le bain.

Le procédé Siemens et Halske repose sur l'emploi des rayons cathodiques pour obtenir la fusion du métal. La poudre métallique comprimée sous la forme désirée est placée dans une sorte d'ampoule de Crookes au foyer même de concentration des rayons, c'est-à-dire à l'anode. La cathode est disposée, comme d'ordinaire, en forme de miroir concave destiné à donner naissance à un faisceau convergent de rayons. Sous le bombardement répété des électrons cathodiques, la poudre métallique fond rapidement. On peut d'ailleurs modifier la trajectoire de ces électrons et régler leur action au moyen d'un aimant.

3. — Filament Nernst. — La lampe Nernst est fondée sur l'incandescence, provoquée par le passage du courant électrique, d'un bâtonnet composé de divers oxydes terreux ayant une émission sélective dans les régions du spectre les plus utiles pour la vision [1]. On

(1) Dans une conférence faite à Gœttingue, le 3 mai 1899, pour exposer sa découverte (reproduite par P. Weiss dans son étude sur les récents progrès de l'éclairage électrique, *Bulletin des séances de la Société française de physique*, année 1905, p. 267), Nernst insiste sur le mode d'action des corps comme le manchon Auer et les oxydes terreux qui possèdent l'émission sélective : « Je profite de l'occasion qui m'est offerte, dit-il, pour m'élever contre une erreur très répandue : il faut au manchon Auer moins d'énergie qu'aux molécules de charbon pour obtenir une certaine quantité de lumière. Mais, à une température donnée, les molécules de charbon émettent plus de lumière que le tissu Auer, parce que le maximum d'émission en chaleur comme en lumière est fourni par le corps noir de Kirchhoff. »

Digitized by Google

obtient notamment des résultats intéressants avec les mélanges suivants :

Oxyde de zirconium	80 %
— d'yttrium	10
— d'erbium	10
Oxyde de thorium	70 %
— d'yttrium	20
— de zirconium	10
Oxyde de thorium	80 %
— d'yttrium	19,5
— de cérium	0,5.

Ces oxydes, qui ne conduisent pas le courant à la température ordinaire, acquièrent, entre 900 et 1 300°, une conductibilité de nature électrolytique qui permet le passage d'un courant suffisant pour entretenir et pousser davantage l'incandescence. La conductibilité du filament croît alors rapidement avec la température, et, pour éviter qu'il soit volatilisé par un accroissement de l'intensité du courant, on intercale, en série avec le bâtonnet, une résistance additionnelle, en fer ou en platine, dont la valeur s'accroît avec le courant et limite l'intensité à sa valeur normale. Cette résistance absorbe de 10 à 15 pour 100 de la puissance totale.

Au début, on a fait l'allumage avec une allumette, un bunsen ou une flamme à alcool. On a essayé également l'emploi d'un réflecteur parabolique au foyer duquel était placé le filament.

Dans les modèles plus récents, le courant traverse d'abord une spirale de platine entourant le bâtonnet. La résistance du bâtonnet diminuant, la spirale de platine est mise hors-circuit par le jeu d'un électro-aimant. L'allumage dure de 20 à 40 secondes suivant la puissance de la lampe.

Les filaments minces sont pleins, les gros sont creux, car on a reconnu que, dans les gros filaments pleins, la partie centrale peut entrer en fusion.

Un type de lampe Nernst est très employé pour les projections et la photographie où la fixité et la blancheur de la lumière que fournit cette lampe présentent de grands avantages.

Filaments analogues au filament Nernst [1]. — On a cherché à appliquer les propriétés émissives du bâtonnet à la fabrication des filaments des lampes à incandescence ordinaires, et à supprimer la nécessité du chauffage pour l'allumage.

On a utilisé ainsi un *fil de platine* ou de *platine-osmium* recouvert d'*oxyde de thorium*. Le fil de platine communique au filament la conductibilité nécessaire pour permettre au courant de le traverser et de le porter à l'incandescence dès le début, tandis que c'est vraisemblablement l'oxyde de thorium qui est la source lumineuse du filament ainsi constitué. Celui-ci est obtenu en plongeant le fil métallique dans une solution de nitrate de thorium, puis en le chauffant de manière à transformer le nitrate en oxyde, lequel reste alors adhérent à son support. Pour avoir une couche épaisse et homogène il est nécessaire de répéter cette opération un grand nombre de fois [1].

Nernst et Sockem ont cherché à communiquer aux filaments la conductibilité qui leur manque à froid dans la lampe Nernst, en additionnant la pâte de métaux réfractaires tels que le tungstène et le zirconium. Les filaments ainsi préparés ont un très bon rendement lumineux, mais leur durée est très faible. On obtient des résultats plus satisfaisants si, au lieu de métaux, on incorpore des tungstates de thorium ou de zirconium préparés d'une façon spéciale.

Le filament de Marc consiste en une âme de magnésie recouverte de carbone. Pour le préparer, on forme un mélange de magnésie, charbon et goudron, que l'on pétrit et qu'on fait ensuite passer à la filière. On le calcine à très haute température afin de lui communiquer une solidité mécanique suffisante. En faisant traverser le filament ainsi obtenu par un courant électrique intense au sein d'une atmosphère de gaz carbonique, le charbon contenu dans les filaments s'oxyde, et il ne reste plus à la fin de l'opération qu'un filament cylindrique presque uniquement formé de magnésie. On l'introduit ensuite, en le maintenant toujours à l'incandescence, dans une atmosphère riche en hydrocarbures où il se recouvre d'une enveloppe de carbone.

Le tableau VIII résume, d'après M. Blondel, les propriétés des diverses substances utilisées pour la fabrication des filaments métalliques.

4. — Atmosphère gazeuse de l'ampoule. — Au point de vue de l'atmosphère gazeuse qui entoure le filament on peut classer les lampes en :

1° Lampes à incandescence dans le vide;
2° Lampes à incandescence à vapeur de mercure;
3° Lampes à incandescence dans l'air;
4° Lampes à incandescence dans un gaz inerte.

I. Lampes a incandescence dans le vide. — Dans les lampes à *filament de charbon*, il est nécessaire de faire le vide autour du filament pour empêcher non seulement la combustion mais aussi la désagrégation de celui-ci. Si, en effet, l'air entourait le filament, les gaz qui sont toujours occlus dans sa masse se dilateraient sous l'influence de la chaleur et se dégageraient en entraînant avec eux des parcelles de charbon. Puis, lorsque la lampe, une fois éteinte, se refroidirait, il y aurait nouvelle absorption de gaz par le filament. Puis avec un nouvel allumage, nouvel enlèvement des particules de charbon, de sorte que le filament diminuerait rapidement de grosseur sous l'influence des allumages et des extinctions successives et qu'on constaterait un dépôt abondant de carbone sur les parois de l'ampoule. Dans les lampes à *filament métallique* l'élimination de l'air est nécessaire pour éviter la combustion du filament ; mais nous verrons plus loin qu'on a construit,

[1] V. Escard, *loc. cit.*, p. 323.

[1] Le prix de revient de ces filaments est assez élevé, et leur fabrication n'est pas sans danger lorsque l'âme métallique contient de l'osmium ; il peut, en effet, en résulter un dégagement d'acide osmique très nuisible pour la vue.

Digitized by Google

TABLEAU VIII. — *Propriétés des différents filaments.*

CORPS INCANDESCENTS	TEMPÉRATURES EN DEGRÉS C		POIDS SPÉCIFIQUE	CHALEUR SPÉCIFIQUE	POIDS ATOMIQUE	RÉSISTANCE SPÉCIFIQUE EN MICROHMS-CM		COEFFICIENT DE DILATATION	COEFFICIENT DE TEMPÉRATURE POUR 100 PAR DEGRÉ
	d'emploi	de fusion				à chaud	à froid		
Carbone	1 650 à 1 700	(3 600)	2,25	(0,37)	12	35 à 40	63	0,000 003	—0,04
Osmium	1 900 à 2 000	2 500	22,5	0,31	75	80	9,5		0,37
Osram			17,8	0,35		76,0		0,000 0048	
Tantale	1 850 à 2 000	2 275	16,8	0,0365		83	16,5	0,000 008	0,25
Zirconium			19			68,4	19		
Tungstène	2 000 à 2 200	3 250±30	18		184	76	7	0.000 004	0 44
Molybdène			9	0,072	96				
Oxydes Nernst	1 900 à 2 050								0,14

avec succès, des lampes à atmosphère d'un gaz inerte.

La raréfaction de l'air dans l'ampoule a été obtenue pendant longtemps uniquement à l'aide de trompes à mercure (trompes de Geissler, de Sprengel, de Reimann), puis on les a abandonnées pour adopter des pompes à huile (Max Kohl) beaucoup plus pratiques, d'un prix de revient moins élevé, et qui permettent d'obtenir un degré de raréfaction très suffisant pour les lampes à filament de carbone. Avec les lampes métalliques, il a fallu revenir au mercure pour atteindre les basses pressions nécessaires, de l'ordre du millième de millimètre de mercure ; mais on a remplacé les trompes par des pompes rotatives à mercure de meilleur rendement et moins encombrantes (pompes Gaede, Reden, Moulin-Berlemont) (1).

Il est indispensable, pendant le pompage, de chauffer la lampe entière, l'ampoule, et surtout le filament afin de chasser l'air ou les gaz qui se trouvent dans les pores. Pour les lampes métalliques, la température du filament doit être réglée avec soin au cours de cette opération ; il faut l'élever graduellement à mesure que le vide devient plus parfait. Au cours du pompage, le vide s'apprécie avec un manomètre et on le vérifie en général en soumettant la lampe à une tension un peu supérieure à la tension normale ; on ne doit pas alors apercevoir d'auréole bleuâtre dans l'ampoule. Si ce brouillard se produisait, c'est que le vide serait insuffisant et on devrait continuer le pompage.

Il importe d'ailleurs, avant de livrer les lampes au commerce, de vérifier le vide qui a été réalisé, ce vide ayant une grande influence sur la durée de la lampe et sur sa consommation spécifique. Outre quelques recettes empiriques qui permettent d'éliminer rapidement les plus mauvaises lampes d'un lot, il existe deux procédés scientifiques pratiques permettant de vérifier le vide des lampes. 1° Le plus employé est l'essai à la bobine de Ruhmkorff. L'un des pôles de la bobine est relié au filament, l'autre à l'ampoule. Avec un très bon vide, il ne se produit pas d'effluve dans la lampe. Un vide convenable donne une faible phosphorescence sur la paroi du verre ; un excès d'air occasionne une lueur claire comme dans les tubes de Geissler ; enfin, avec un grand excès d'air il ne se produit le plus souvent aucun effluve, de même que pour le très bon vide ; 2° un autre procédé repose sur l'emploi d'un champ oscillant de Tesla. L'appareil industriel est constitué par une caisse en bois renfermant tous les appareils nécessaires à la production des courants de haute fréquence : bobine, condensateur, transformateurs etc. ; un des pôles du transformateur est relié par un câble souple à un anneau métallique de 15 à 20 cm de diamètre fixé à une poignée isolante, l'autre pôle étant relié avec le couvercle de la caisse. Ce couvercle est assez grand pour recevoir un des casiers employés habituellement pour le transport des lampes à incandescence. L'ouvrière n'a qu'à promener l'anneau métallique au-dessus de chacune des lampes et la fluorescence qui se produit dans l'ampoule lui permet de juger si le pompage a été convenablement fait.

Pour améliorer le vide, surtout dans le cas des lampes à filament de grosse section, avec lesquelles un bon vide est plus difficile à réaliser, on a proposé à diverses reprises d'utiliser des réactions chimiques. La plupart des procédés employés reposent sur l'absorption des gaz raréfiés laissés dans l'ampoule par un premier pompage et des gaz occlus dans le filament, par des produits dont les vapeurs se combinent avec ces gaz lorsqu'on fait passer un courant d'intensité suffisante dans le filament. Les corps employés à cet effet sont nombreux. Citons, en particulier, ceux à base de pyridine, de chrinoline, d'acridine, etc. Mais c'est encore le phosphore rouge qui donne les meilleurs résultats. On en introduit une petite quantité dans le queusot de la lampe avant l'opération du pompage et le phosphore suffit pour absorber les traces de gaz qui se dégagent du filament à la fin du pompage et surtout au moment où on survolte la lampe avant de fermer l'ampoule.

(1) Dewar a songé à utiliser ses découvertes sur le pouvoir absorbant du charbon de bois pour les gaz aux très basses températures en vue de l'obtention industrielle de vides parfaits. A la température d'ébullition de l'air liquide (— 182°). 1 g de charbon absorbe 135 cm³ d'hydrogène et 230 cm³ d'oxygène mesurés dans les conditions normales. Il suffirait de mettre les ampoules en communication avec une masse suffisante de charbon, de refroidir celui-ci et d'interrompre la communication dès que le vide est obtenu.

Digitized by Google

II. Lampes a incandescence a vapeur de mercure. — Pour profiter du rendement élevé de l'arc au mercure et atténuer en même temps la coloration bleu verdâtre de la lumière de l'arc, on a été amené à combiner dans un même appareil les deux lumières de l'arc et de l'incandescence.

Une des premières lampes de ce genre est la lampe Hopfelt. Elle est constituée par un filament de carbone soudé dans un tube en forme d'U et contenant en outre une goutte de mercure et un gaz indifférent. Ce tube est enfermé dans une deuxième ampoule destinée à diminuer le refroidissement et où on a fait le vide. Le gaz inerte a une tension de 1,5 mm en moyenne ; celle des vapeurs de mercure varie entre 50 et 75 mm dans une lampe bien réglée. En raison de la haute température du filament et de la grande conductibilité du gaz inerte, la chaleur rayonnée par le filament favorise la volatilisation du mercure ; aussitôt après l'intensité lumineuse augmente. L'éclat maximum est d'ailleurs atteint presque immédiatement après l'allumage. La couleur obtenue est très satisfaisante. La consommation spécifique de la lampe est de 1,65 W par bougie environ.

Dans quelques modèles on supprime la deuxième ampoule qui est toujours le siège d'un échauffement considérable. Il ne reste plus que le tube en U contenant le filament. Le gaz choisi est l'azote dont le spectre contient des raies rouges en abondance et qu'on prend sous une pression de 1 mm de mercure. La vapeur de mercure ne paraît pas lumineuse dans cette lampe mais elle augmente l'éclat du filament de charbon.

On a proposé également d'employer, toujours dans de la vapeur de mercure, des filaments métalliques additionnés ou recouverts d'oxydes de métaux convenables, tels que ceux de baryum, de calcium ou de zirconium, qui permettent d'obtenir toutes les teintes désirables.

On a décrit récemment (1) une nouvelle lampe à filament de carbone et atmosphère d'azote, contenant du mercure, dont la consommation en watts par bougie est moindre que celle des lampes à filaments métalliques actuelles.

III. Lampes a incandescence a air. — Le filament incandescent à employer dans l'air ne peut être constitué que par une substance à la fois *incombustible* et *réfractaire*. Cette double condition est remplie par les mélanges d'oxydes rares des *filaments Nernst* dont nous avons indiqué plus haut la composition. La facile vaporisation de ces oxydes dans le vide s'oppose à l'emploi des filaments dans une ampoule vide d'air.

IV. Lampes a incandescence dans un gaz inerte. — Le meilleur rendement dans les lampes à incandescence a été obtenu par l'emploi d'un filament métallique dans un gaz inerte. Pour bien comprendre la raison des progrès ainsi réalisés, il ne sera pas inutile de reprendre d'abord très rapidement l'historique des perfectionnements, depuis la lampe primitive d'Edison.

(1) *L'Industrie électrique*, 25 décembre 1916, p. 464.

Coup d'œil rapide sur les progrès de la lampe à incandescence (1). — On sait que, toutes choses égales d'ailleurs, la consommation spécifique, en watts par bougie, d'une lampe à incandescence diminue à mesure que s'élève la température du filament. Malheureusement on est limité dans cette voie par la volatilisation ou sublimation du corps incandescent dans le vide sous l'influence des températures élevées (2). La volatilisation provoque, non seulement la rupture du filament, mais un noircissement de l'ampoule qui diminue l'intensité lumineuse. La lampe est considérée comme hors d'usage quand cette diminution atteint 20 pour 100.

Les premières lampes construites par Edison en 1879 consommaient 4,5 W par bougie, mais, déjà, au milieu de 1880, on était parvenu à réduire la consommation à 4 W par bougie. Vers la fin de la même année, on réussit à faire des lampes de 3,5 W par bougie en recouvrant d'une couche de carbone graphitique la fibre de bambou carbonisé, ce qui eut pour effet d'augmenter sensiblement le pouvoir rayonnant du filament de carbone. Le dépôt était obtenu en chauffant électriquement le filament de carbone brut dans une atmosphère d'hydrocarbures, par exemple, dans la vapeur de benzol : au contact du filament incandescent l'hydrocarbure est décomposé et le carbone est déposé à l'état graphitique sur le filament.

Une autre amélioration fut réalisée en remplaçant la fibre de bambou servant de support à la couche graphitique par un filament plus homogène, obtenu en partant de cellulose amorphe telle que le collodion.

En 1903, Howell réussit, par un procédé de carbonisation spécial que l'on a décrit plus haut sous le nom de métallisation, à abaisser la consommation spécifique des lampes à filament de carbone jusqu'à 2, 8 W par bougie.

Pour réduire la volatilisation on a essayé : 1° de remplir la lampe d'un gaz inerte sous une pression élevée. Mais les pertes calorifiques par la conduction des gaz et des vapeurs et par les effets de convection abaissent le rendement de la lampe au lieu de l'améliorer ; 2° d'introduire dans la lampe des quantités infinitésimales de gaz électronégatifs (O, Cl, Br, I). La volatilisation est en effet plus faible au début, mais les gaz introduits sont vite absorbés.

C'est surtout par l'emploi de métaux difficilement fusibles (Os, Ta, Tu) que le rendement a pu être notablement amélioré. Les deux premiers métaux ont permis d'abaisser la consommation spécifique à 1,5 W par bougie. Avec le tungstène on a obtenu 1,0 W par bougie, en même temps que la durée est fortement augmentée.

Mais ces lampes périssent au bout d'un certain temps pour la même raison que celles à filament de carbone, c'est-à-dire par volatilisation de la matière incandescente.

(1) V. Bruder. Les nouvelles lampes à incandescence dites « demi-watt », *Bulletin de la Société internationale des Electriciens*, 1er juillet 1914.

(2) Dans le vide le carbone commence à se volatiliser à moins de 2 000° C.

Digitized by Google

Pour atténuer les effets de cette volatilisation on a proposé :

1° D'introduire dans l'ampoule des composés chimiques qui, portés à une température élevée par le voisinage du filament incandescent, dégagent, soit de l'oxygène, soit des halogènes, en quantité extrêmement faible. Les gaz se combinent avec les particules métalliques et forment des composés transparents qui peuvent se déposer sur les parois de l'ampoule sans intercepter les rayons lumineux. On a pu ainsi faire des lampes de 0,8 w par bougie. Mais, pour de fortes intensités, les filaments sont vite attaqués par les gaz.

2° D'introduire des gaz inertes dans l'ampoule. Cette deuxième solution a permis de réaliser les lampes à rendement élevé dont nous allons maintenant parler.

Lampes à incandescence « demi-watt ». — En remplissant l'espace qui entoure le filament d'un gaz non comburant (azote, argon), ce qui atténue la volatilisation, on augmente ainsi, il est vrai, les pertes par convection. Mais, comme ces pertes sont approximativement proportionnelles à la puissance 3/2 de la température absolue, tandis que le rayonnement croît comme la puissance 4,7 de la température, on arrive, en augmentant la température, à un rendement meilleur que celui de la même lampe dans laquelle on aurait fait le vide. Toutefois, la température nécessaire pour atteindre ce résultat est si élevée que les filaments ordinaires de tungstène, à forme rectiligne ou disposés en lacets, ne résisteraient pas longtemps.

Aussi donne-t-on au filament une forme ramassée, ce qui présente en outre l'avantage de mettre en jeu une couche plus faible de gaz et de diminuer les pertes par conduction. La meilleure solution consiste à enrouler le filament sous forme d'hélice à spires très rapprochées (1).

Les lampes ainsi construites sont remplies d'azote ou d'argon de façon que la pression soit à peu près égale à la pression atmosphérique quand la lampe est allumée. Elles peuvent supporter une consommation de 0,5 w par bougie heffner sans qu'il se produise une forte volatilisation du filament.

Le tableau IX donne les tensions de fonctionnement des lampes à atmosphère de gaz inerte pour différentes intensités.

On peut faire des lampes d'intensité plus faible, mais on est obligé alors de prendre des filaments plus courts, c'est-à-dire de réduire le voltage.

Ces progrès ont été possibles grâce au remplacement de l'ancien filament de tungstène pressé par le filament étiré. Le premier était excessivement cassant et fragile et n'aurait pu être façonné en petites hélices à pas rapprochés comme celles qui sont nécessaires pour les lampes « demi-watt ». En enroulant un filament en spirale, on peut réduire sa longueur apparente de 4 à 5 fois, ce qui a permis de faire des lampes à filament métallique de forme sphérique aussi petites que les lampes à filament de carbone.

(1) Si on enroule un filament en hélice de telle façon, par exemple, que la hauteur ne soit que la dixième partie de la longueur du fil, la perte de chaleur est réduite non pas au dixième, mais environ au septième de la perte dans le cas du filament étendu. Malgré toutes ces précautions, les pertes par convection sont beaucoup plus élevées dans les lampes à atmosphère d'azote que dans les lampes ordinaires et des perfectionnements sur ce point sont très désirables.

TABLEAU IX. — *Intensités et tensions de fonctionnement des lampes à incandescence à atmosphère d'azote.*

INTENSITÉS LUMINEUSES	TENSIONS
300 bougies	50-130 volts
400	50-130
600	50-230
1 000	50-230
1 500	50-230
2 000	100-260
3 000	100-260

Dans les plus grosses lampes l'azote est utilisé pour le remplissage. Dans les petites, vu le faible diamètre de la spirale, il faut une atmosphère de gaz à faible conductibilité calorifique. On a donc choisi l'argon. Mais, comme ce gaz n'offre pas une grande résistance aux décharges électriques, les lampes à atmosphère d'argon donnaient lieu à des courts-circuits ; en conséquence, on y a fait une légère addition d'azote (1).

La pression intérieure des lampes est à froid de 1 2 à 2/3 d'atmosphère ; même à chaud elle n'est pas excessive et il n'y a pas grand risque d'explosion. La température des ampoules est naturellement plus élevée que celle des lampes à vide, mais ne doit pas dépasser 150 à 200° C au point le plus chaud.

La résistance de la lampe à froid est le quinzième de la résistance à chaud. Au moment de la mise en circuit, il passe donc un courant quinze fois supérieur à l'intensité normale, mais ce courant diminue rapidement. Par exemple, pour une lampe de 1 000 bougies il tombe au double de sa valeur normale après 0,05 sec et à cette valeur après 0,3 sec.

Un avantage fort apprécié des nouvelles lampes est le moindre volume à pouvoir éclairant égal. Une lampe de 100 bougies à gaz inerte mesure 75 mm sur 150 mm. La même lampe à vide mesure 100 mm sur 160.

La température du filament de lampe de 0,55 w par bougie sphérique moyenne est d'environ 2 500° C, soit de 450° C supérieure à celle de la lampe à vide fonctionnant normalement et de 90° C supérieure à celle de cette même lampe fonctionnant dans les mêmes conditions de charge.

Le filament émet environ 8 bougies heffner par mm² de surface rayonnante, soit cinq fois plus de lumière que celui de l'ancienne ampoule à filament de tungstène. Enfin la lumière est plus blanche que celle des ampoules ordinaires et se rapproche davantage de la lumière du jour (2).

(1) Cette combinaison a son avantage pratique, l'argon du commerce contenant une notable proportion d'azote.

(2) Sur les lampes à atmosphère de gaz inerte, voir également : PIRANI et MEYER. *Electrician*, 10 décembre 1915. Résumé dans *La Lumière électrique*, 8 janvier 1916, p. 44.

Digitized by Google

Il est essentiel de dessécher l'atmosphère gazeuse introduite. Au contact du filament incandescent, la vapeur d'eau se décompose, l'oxygène se combine au tungstène et l'oxyde de tungstène volatil va se déposer sur les parois froides de l'ampoule, où l'hydrogène libre le décompose, laissant sur le verre du tungstène métallique et reconstituant la vapeur d'eau ; celle-ci se dissocie de nouveau sur le filament chaud et le même phénomène se renouvelle, en un cycle ininterrompu, entraînant le noircissement progressif de l'ampoule. Malgré toutes les précautions prises il peut se trouver dans l'ampoule de légères quantités de vapeur d'eau. Pour cette raison la Compagnie française Thomson-Houston (1) a songé à utiliser la vapeur de mercure en même temps que l'azote pour constituer l'atmosphère inerte. La vapeur de mercure présente, en effet, la propriété de protéger à un certain degré le filament contre l'action de la vapeur d'eau ; de plus, sa présence abaisse la rapidité de la vaporisation du tungstène plus que tout autre gaz inerte.

Lampe à incandescence à arc (2). — En 1913, on a commencé au laboratoire des ateliers de Ponders End, de la Edison and Swan United Electric Light Co des recherches pour la création d'une lampe en tout semblable, extérieurement, à l'ampoule à incandescence, mais où la source lumineuse est un petit arc jaillissant entre deux électrodes de tungstène ou d'une autre substance réfractaire. La consommation spécifique est d'environ 0,65 w par bougie, mais les promoteurs de la lampe pensent qu'en forçant le courant on pourrait atteindre une consommation de 0,32 w par bougie. L'ampoule où jaillit l'arc est remplie d'un gaz inerte, azote ou argon.

Entre autres avantages de ces nouvelles lampes à arc à ampoule les auteurs signalent : par rapport aux lampes à arc ordinaires, la suppression du régulateur, de l'entretien, la stabilité de l'arc, l'absence de danger d'incendie ; et, par rapport aux lampes à incandescence : la condensation de la source lumineuse en un point, la blancheur de la lumière, le moindre volume aux grandes puissances (une lampe de 500 bougies peut n'avoir qu'une ampoule de 100 mm de diamètre).

(A suivre.)

A. BOUTARIC,
Chargé d'un cours complémentaire d'électricité industrielle à l'Université de Montpellier.

Revues, analyses et informations

Sur le potentiel explosif dans l'anhydride carbonique aux pressions élevées (3).

On sait que le potentiel explosif dans un gaz qui suit la loi de Mariotte-Gay-Lussac peut être représenté par une fonction de l'argument $\frac{pd}{T}$, p étant la pression du gaz, T sa température absolue, d la distance des plateaux entre lesquels jaillit la décharge, soit

$$V = f\left(\frac{pd}{T}\right). \qquad (1)$$

Mais, d'une façon plus générale, on peut considérer le potentiel explosif comme une fonction du produit md ; m étant le nombre de molécules contenues dans l'unité de volume du gaz, pour un même gaz à diverses pressions, m est donc proportionnel à la densité du gaz (4).

On a dans ce cas

$$V = F(md). \qquad (2)$$

Cette dernière expression repose plus directement sur la théorie de le décharge disruptive basée sur l'ionisation par chocs (Townsend).

Rappelons, en effet, que la condition de la décharge disruptive est donnée par la relation

$$d = \frac{1}{\alpha - \beta} \log \frac{\alpha}{\beta}, \qquad (1)$$

dans laquelle α représente le nombre de chocs ionisants dus à l'ion positif dans les mêmes conditions.

D'autre part, les quantités α et β sont données par les expressions

$$\alpha = \frac{1}{\lambda_0} \varphi_0(\varepsilon\lambda_0 X), \qquad (2)$$

$$\beta = \frac{1}{\lambda_1} \varphi_1(\varepsilon\lambda_1 X), \qquad (3)$$

dans lesquelles λ_0 et λ_1 sont les chemins moyens des électrons et des ions positifs entraînés par le champ X ; ε la charge de l'électron ; $\varepsilon\lambda_0 X$ et $\varepsilon\lambda_1 X$ les énergies moyennes de choc pour l'électron et pour l'ion positif.

En remplaçant dans l'équation (1) α et β par leurs valeurs (2) et (3), on obtient une relation qui peut être mise sous la forme $V = F(md)$. Il suffit de poser $X = \frac{V}{d}$ et de tenir compte du fait que λ_0 et λ_1 sont tous deux inversement proportionnels à m.

Des expériences effectuées à la température ordinaire sur l'anhydride carbonique ont permis à MM. Guye et Stancescu de vérifier la formule (II). Ces expériences ont été faites à des pressions variant entre 5atm et 45atm et pour des distances comprises entre 0,34 mm et 2,24 mm.

(1) *Brevet français n° 466 580*, publié le 16 mai 1914.

(2) GIMINGHAN et MULLARD. *Proceed. of the Institution of Electrical Engineers*, décembre 1915. Résumé dans *La Lumière électrique*, 8 janvier 1916, p. 42 et dans *La Revue électrique*, 3 mars 1916, p. 148. MORRIS. *Transactions of the Illuminating Engineering, Society*, janvier 1916, p. 6.

(3) C.-E. GUYE et STANCESCU. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 16 avril 1917, p. 602-605, 2 fig.

(4) PASCHEN. *Wiedem. Ann.*, t. 37, 1889, p. 69. BOUTY, *Journal de Physique*, 4e série, 1903, p. 403. LANGEVIN, *Bull. de la Société française*, 17 février 1905.

Digitized by Google

Les courbes des fig. 1 et 2 résument ces expériences.

La première représente le potentiel explosif V en fonction du produit pd, la température étant constante.

On voit que, dans ces conditions, il n'est pas possible de représenter les expériences par une courbe unique.

Au contraire, en exprimant le potentiel explosif V en fonction du produit md, ainsi que le veut la théorie, les

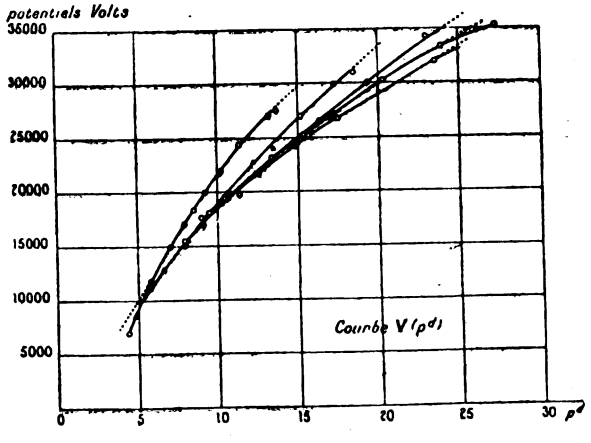


Fig. 1. — Courbes du potentiel V en fonction du produit pd.

valeurs expérimentales du potentiel explosif peuvent être groupées autour d'une courbe unique, quelle que soit la distance des électrodes.

L'expression $V = F(md)$ s'applique donc au gaz comprimé dans des limites beaucoup plus larges que la loi de Mariotte-Gay-Lussac.

C'est là une nouvelle preuve de la justesse des conceptions

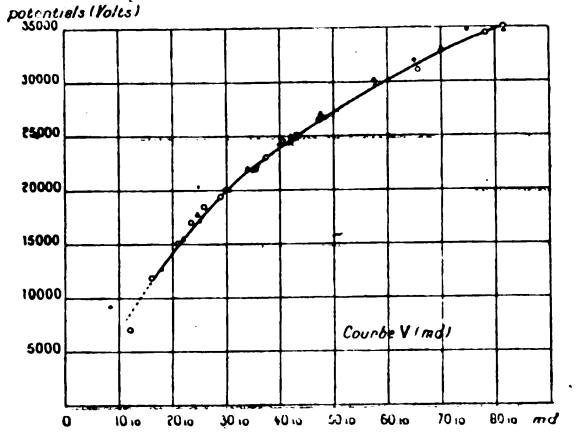


Fig. 2. — Courbes du potentiel explosif V en fonction du produit md.

cinétiques sur lesquelles repose la théorie de la décharge disruptive.

Les auteurs ajoutent que les expériences faites aux plus petites distances et celles effectuées avec des potentiels très élevés ne présentent pas les mêmes garanties d'exactitude que celles qui correspondent à des conditions moyennes pour lesquelles les difficultés expérimentales étaient moindres. En particulier, au voisinage de 45^{atm}, on est déjà près du point de liquéfaction, et les moindres variations de pression donnent lieu à des variations considérables de la densité du fluide.

Influence de la lumière sur le potentiel de contact du sélénium et de l'oxyde de cuivre [1].

L'accroissement de conductivité du sélénium sous l'influence d'un éclairement a été expliqué dans la théorie électronique en supposant que la lumière produit un accroissement du nombre des électrons libres et cette explication est en accord assez bon avec les observations sur la décroissance de la conductivité qui suggère une recombinaison des ions suivant les lois habituelles. Il a semblé aux auteurs que l'accroissement du nombre des électrons devait entraîner un changement dans le potentiel de contact sous l'influence d'un éclairement, car on peut penser que les électrons doivent tendre par diffusion à s'écarter de la région éclairée et laisser le sélénium plus positif qu'auparavant. — Les auteurs ont recherché l'existence d'un tel effet par deux méthodes d'observation ; la première consiste à former un condensateur complexe en disposant une plaque de sélénium entre une toile métallique et une plaque de cuivre et à mesurer les variations rapides du potentiel de contact ; la seconde est une adaptation de la méthode d'ionisation pour la mesure des potentiels de contact. — Tous les résultats obtenus indiquent que l'éclairement a pour effet de rendre subitement la surface du sélénium plus négative au lieu de la rendre plus positive, comme on pouvait l'imaginer a priori. — Voici les principaux résultats expérimentaux obtenus par les auteurs dans cette étude qui ne doit être considérée que comme préliminaire : 1° le potentiel de contact du sélénium varie sous l'influence d'un éclairement d'une quantité supérieure à 1 milli-v par bougie-pied d'éclairement et tend à prendre une valeur de saturation d'environ — 0,1 v sous l'influence d'un éclairement intense. Le phénomène est compliqué par suite des effets de fatigue ; 2° aucune force électromotrice n'est produite en circuit fermé ; 3° le potentiel de contact du sélénium par rapport à du cuivre soigneusement nettoyé au papier de verre est d'environ — 0,4 v dans l'obscurité ; 4° le potentiel de surface d'un plateau d'oxyde de cuivre varie sous l'influence d'un éclairement d'environ 25 milli-v ; mais le plateau renferme également une faible force électromotrice d'origine voltaïque (?) qui varie sous l'action d'un éclairement. — On pourrait essayer, d'après les auteurs, de rendre compte des phénomènes précédents par l'hypothèse que la lumière modifie les molécules de manière à diminuer l'énergie potentielle des électrons dans les espaces intermoléculaires et que ceci entraîne un accroissement des électrons libres, partie aux dépens des atomes environnants de sélénium, et partie aux dépens des autres corps avec lesquels il est en contact. Ceci expliquerait à la fois l'accroissement de conductivité et le changement dans le sens négatif du potentiel de contact. Mais le défaut de proportionnalité entre les deux effets et surtout l'existence apparente d'une saturation dans le dernier semblent difficiles à concilier avec cette hypothèse. Il est plus vraisemblable que les deux effets sont dus à des causes indépendantes.

(1) E.-H. Kennard et E.-O. Dieterich. *Physical Review*, janvier, 1917 5e série, t. IX, p. 58-63, 2 3oo mots, 5 fig.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

Recherches effectuées sur les isolateurs à suspension en porcelaine, en vue de déterminer leurs causes de détérioration par l'âge

Beaucoup d'isolateurs à haute tension en porcelaine perdent plus ou moins rapidement en service les qualités constatées aux essais de réception. Il conviendrait donc que ceux-ci fussent complétés par un essai permettant de prévoir comment les qualités primitives se modifieront avec le temps. L'article indique brièvement les recherches qui ont été entreprises aux États-Unis en vue de reconnaître les causes de ces modifications et de déterminer la nature de l'essai faisant prévoir celles-ci. Comme on le verra, la cause principale est la porosité de la porcelaine; par suite les isolateurs devraient être soumis à un essai de porosité : malheureusement aucun moyen pratique ne permet de trouver le degré de porosité. Mais il existe une autre cause : la diminution rapide de la résistivité de la porcelaine quand sa température s'élève; cette diminution a en effet pour conséquence de permettre à un faible courant de fuite de prendre peu à peu une intensité considérable et de supprimer ainsi le rôle primordial de l'isolateur. L'une des conclusions de cette étude est qu'il conviendrait de substituer le quartz transparent fondu à la porcelaine dans la fabrication des isolateurs à suspension.

Les troubles causés par le vieillissement des isolateurs à suspension en porcelaine sont bien connus des exploitants; ils sont dus à la diminution de rigidité diélectrique de ces isolateurs. Les céramistes et les ingénieurs ne pouvant s'entendre sur l'explication de ce défaut, les Compagnies de distribution de Californie ont fait faire en commun des recherches scientifiques sur ce point. Ces recherches ont été effectuées, sous la direction du professeur Ryan, par le professeur assistant, J.-C Clark, dans le laboratoire de la Stanford University, pendant l'été de 1916. Les résultats n'en ont pas été absolument concluants quant aux causes de détérioration, quoique certaines causes considérées jusqu'ici comme probables aient pu être éliminées. Nous allons résumer ici ces études et les conclusions qu'on en a tirées, d'après plusieurs mémoires dus aux auteurs de ces recherches (1).

L'isolateur moderne à suspension, en porcelaine, peut être considéré comme possédant bien les qualités qu'on lui demande, sauf une. Il a la rigidité diélectrique, la résistance au feu, la résistance mécanique et aux chocs, le prix peu élevé. Il ne pèche qu'au point de vue de l'endurance. Les fabricants et les ingénieurs cherchent maintenant, les uns à ne produire, les autres à n'accepter que des isolateurs en porcelaine pour haute tension qui, dans les conditions ordinaires, en service ou hors de service, ne périront pas avant dix ans au minimum. On ne peut considérer encore ce but comme atteint.

(1) J.-E. Woodbridge, Harris J. Ryan, J.-C. Clark. *Proceedings of the A. I. E. E*, janvier 1917, t. XXXVI, p. 57-60, 61-76, 77-90. — L'un de ces mémoires contient un index bibliographique très complet des recherches antérieures sur le même sujet.

Endurance des isolateurs. — L'endurance peut s'entendre de deux manières :

1° Aptitude de l'isolateur à subir un programme fixé d'essais de réception;

2° Aptitude d'un isolateur à supporter les conditions de service et l'action des éléments pendant une période assez longue, dix ans et plus.

La première pourra s'appeler endurance pour réception et la seconde endurance en service.

On est obligé d'acheter les isolateurs surtout d'après les résultats d'essais de réception; on ne peut guère se baser sur leur endurance en service, car la période d'essai serait trop longue. Cependant, l'endurance en service des isolateurs modernes à suspension commence à être connue, car il y a près de dix ans qu'on emploie ce modèle. On reconnaît généralement que la différence entre l'endurance pour réception et l'endurance en service est trop grande et qu'il faut la réduire. Voici les points qu'il faut étudier pour faire croître cette endurance en service :

1° Isolateurs qui ont et isolateurs qui n'ont pas péri en service;

2° Isolateurs qui se sont détériorés sans être en service;

3° Traitements de laboratoire qui causeront la destruction des isolateurs;

4° Matières, construction et technique de fabrication, en rapport avec la destruction ultérieure des isolateurs;

5° Études de laboratoire sur les matériaux d'isolateurs, la forme et l'assemblage des isolateurs;

6° Relier entre elles toutes les connaissances qui peuvent avoir un rapport avec l'endurance des isolateurs.

Digitized by Google

Influence de la porosité sur l'endurance. — Le Dr Branner, géologue connaissant spécialement les produits tirés des roches, argiles et terres, a déclaré qu'il ne faut pas compter sur une grande endurance pour les corps *poreux*, même quand ils sont formés de porcelaine. Mettons, en effet, un tel corps en contact avec un liquide qui, en général, tient en solution certains sels. Si ce liquide vient à geler ou les sels qu'il contient à cristalliser, par saturation de la solution, deux cas sont à considérer : ou bien il s'agit de corps qui augmentent de volume en passant de l'état liquide à l'état solide, par congélation ou en cristallisant, ou bien il s'agit de corps qui n'augmentent pas de volume dans ces circonstances. Les premiers, seuls, causent des dommages mécaniques aux corps poreux, mais les uns et les autres peuvent causer des dommages aux corps poreux par conduction électrolytique, tant qu'ils contiennent de l'humidité.

Si l'on objecte qu'une vitrification profonde de la porcelaine la rend fragile au point de vue mécanique, le même spécialiste répond qu'on sortira de cette difficulté en choisissant des matières qu'il faudra vitrifier à des températures plus élevées, ce qui donnera un produit de solidité plus grande. Ce qui le prouve, c'est qu'on fabrique aux États-Unis des briques de pavage satisfaisantes; on y arrive en choisissant des matériaux tels que leur vitrification complète ne se produise qu'à haute température.

On sait depuis longtemps que la porcelaine pour isolateurs à haute tension ne possède pas une grande endurance en service quand elle a été fabriquée par voie sèche, tandis que le procédé par voie humide permet, en général, d'obtenir une grande endurance. Cela tient à ce qu'on peut obtenir, pour la porcelaine fabriquée par voie humide, une porosité dix fois moindre que pour la porcelaine fabriquée par voie sèche. La porcelaine poreuse, une fois pénétrée d'eau, devient un conducteur électrolytique et ne vaut plus rien pour l'isolement. Elle perdrait moins complètement, en pareil cas, ses propriétés isolantes si son coefficient de température n'était pas négatif et très élevé. Dès qu'un échauffement local se produit, tout le courant qui passe à travers la masse de la porcelaine doit forcément se concentrer sur un trajet si étroit qu'il s'y produit un échauffement intense, d'où fusion ou brûlure et production d'un noyau conducteur.

Pour assembler les tiges et les chapeaux métalliques aux isolateurs, on emploie généralement le ciment de Portland. Il se produit d'abord une solution saturée du ciment frais dans l'eau en excès; quand la matière de l'isolateur est poreuse, elle absorbe cette solution saturée. Ensuite toute l'eau libre s'évapore et le corps qui a pénétré en solution dans les pores de la porcelaine y reste sous forme de cristaux qui exercent sur celle-ci de grands efforts mécaniques et y déterminent un grand nombre de grandes et petites crevasses.

De plus, dans la porcelaine poreuse, il se produit, sous l'influence des variations de température, des dilatations et contractions inégales dont l'action s'ajoute à celle des cristaux de ciment pour produire des fissures.

Enfin les isolateurs en porcelaine poreuse s'imprègnent d'humidité par temps pluvieux et la perdent par temps sec Chaque cycle météorologique y dépose donc une minuscule quantité de sels solubles. Ces accumulations de sels dans la porcelaine finissent par amener la rupture diélectrique, soit en raison des crevasses formées en temps sec, avec l'aide des variations brusques de température, ou par conduction électrolytique en temps humide, ou par ces deux causes à la fois.

Essais de porosité. — Les essais de réception devront donc comprendre un essai de porosité, dès qu'on aura pu déterminer une façon pratique de l'effectuer. Comme on le savait déjà, et comme l'ont montré les essais relatés ici, la porcelaine légèrement poreuse ne se laisse pénétrer que lentement par l'humidité. Il est vrai que les céramistes mesurent le degré de porosité d'une porcelaine par le poids d'eau qu'elle absorbe, relativement à son propre poids, mais les échantillons sont brisés en petits fragments avant d'être immergés. La pénétration de l'humidité est difficile dans la porcelaine légèrement poreuse et dévernie, en une masse comme celle d'un isolateur.

On a cherché, et on cherche encore, un moyen par lequel on puisse faire absorber de l'eau, jusqu'à une profondeur considérable, par de la porcelaine légèrement poreuse, de façon à pouvoir déterminer électriquement l'existence de la porosité, par diminution de la résistance, sans endommager l'isolateur. On a appliqué les essais suivants à des isolateurs démontés de leurs ferrures, ayant leurs têtes dévernies à l'extérieur et à l'intérieur, et qu'on savait être poreux parce que leur résistance était augmentée par un traitement à l'étuve. La dernière méthode énumérée (6°) pour déceler la porosité n'impliquait pas absorption d'eau.

1° Deux isolateurs ont été plongés dans la vapeur vive pendant quatre heures sans qu'on obtienne de résultat comme absorption d'humidité.

2° Ils ont été plongés dans la vapeur vive pendant quatre heures, en même temps qu'on faisait circuler de l'eau froide (eau de la ville) à l'intérieur de leurs têtes. Pas de résultat comme absorption d'humidité.

3° En employant des électrodes liquides (eau de la ville), on appliqua une tension fixe de 25 000 v continus au travers de la tête d'un de ces isolateurs pendant deux heures, en observant pendant ce temps l'intensité du courant de passage dans le megger à haute sensibilité qui sera décrit plus bas. Il n'y eut pas de changement de la résistance de l'isolateur, ce qui montre que les forces électriques et capillaires mises en jeu par cet essai n'ont pas pu faire pénétrer l'eau profondément.

4° On essaya au megger de la porcelaine séchée reconnue poreuse et des isolateurs non poreux, en appliquant une tension de 10 000 v continus à la couche extérieure de la tête, et on refit l'essai au megger après les avoir plongés dans l'eau de la ville pendant une nuit. L'immersion d'une nuit abaissa nettement la résistance des isolateurs poreux seuls.

Digitized by Google

5° Les têtes d'isolateurs démontés, séchés, poreux et non poreux, furent soumises à une tension de 10000 v, à la fréquence de 325 000 p: sec pendant cinq minutes. On prit la température des calottes extérieures des têtes immédiatement avant et après l'essai. On refit l'essai après une immersion d'une nuit dans l'eau de la ville. L'échauffement des isolateurs, secs et poreux, fut légèrement plus grand que celui des isolateurs secs et non poreux tandis que, pour ceux qui avaient été plongés une nuit dans l'eau, l'échauffement fut nettement plus grand pour les isolateurs poreux que pour les isolateurs non poreux.

6° Essai par conduction gazeuse au lieu de conduction électrolytique. On essaya au megger des isolateurs secs poreux et non poreux dans les mêmes conditions que précédemment, sauf que l'électrode voisine de la surface externe des têtes était formée par le gaz ionisé émis par une pointe d'aiguille reliée au galvanomètre et protégée par un anneau de garde. Les résultats ont montré qu'une porosité légère ne pouvait être décelée par cette méthode.

7° Enfin, on a essayé de traiter les isolateurs par le vide juste avant de les plonger dans l'eau. On a obtenu un abaissement de la résistance pour les isolateurs très poreux, rien pour les isolateurs légèrement poreux.

D'autres modes d'essai ont encore été tentés, sans donner de meilleurs résultats.

Classement des isolateurs suivant la porosité. — Il se fait par une opération de séchage dans une étuve à 150°. On obtient ainsi trois catégories :

a) Isolateurs dont le séchage n'affecte en rien la résistance. Classés comme non poreux;

b) Isolateurs dont le séchage augmente la résistance de 20 à 400 pour 100. Classés comme légèrement poreux;

c) Isolateurs dont le séchage augmente énormément la résistance (des centaines ou des milliers de fois). Classés comme très poreux.

Si l'on a réussi à imprégner d'eau dans un court délai les isolateurs très poreux, on n'a donc encore trouvé aucune méthode permettant d'imbiber rapidement les isolateurs légèrement poreux.

Ces tentatives pour faire pénétrer l'eau rapidement dans les pores des isolateurs avaient pour but de déterminer la variation de résistance de ceux-ci sous l'influence de l'eau, ce qui aurait constitué un essai de laboratoire très commode pour apprécier leur porosité. Nous allons décrire sommairement ces essais.

Le megger a haute tension. — La résistance d'un isolateur en porcelaine saine et sèche, à la température ambiante, est extrêmement grande (de l'ordre de 10^{12} ohms). La mesure de cette quantité s'opère en faisant passer à travers l'isolateur un courant continu sous la tension de 25 000 v et en employant un galvanomètre Deprez-d'Arsonval de la plus grande sensibilité. L'ensemble du dispositif (fig. 1) peut s'appeler un megger à haute tension. T_1 est un transformateur de 33 kv qui charge le condensateur C à haute tension par l'intermédiaire du kénotron K. T_2 est un petit transformateur qui fournit le courant d'échauffement au filament cathodique du kénotron. La haute tension continue est appliquée à l'isolateur en S par l'intermédiaire de la résistance R, qui doit servir de protection au kénotron contre un

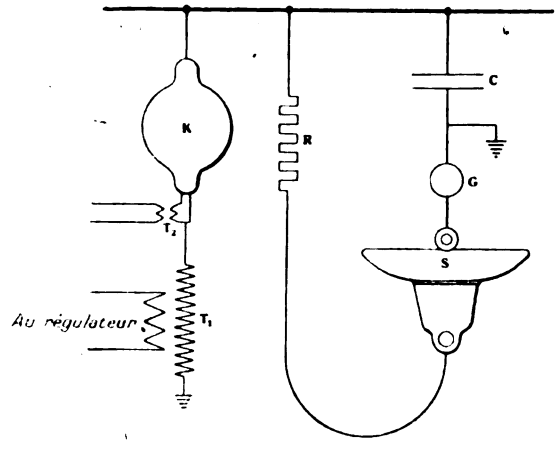


Fig. 1. — Dispositif pour l'essai des isolateurs sous tension continue de 25 000 v.

court-circuit pouvant se produire en S. Cette résistance R est réglée à une valeur telle qu'en cas de court-circuit sous 25 000 v elle ne laisse passer que le courant de pleine charge du kénotron. Le galvanomètre G est inséré dans le circuit d'essai, au voisinage immédiat de la connexion au sol.

La tension de 25 000 v appliquée à l'isolateur a pour

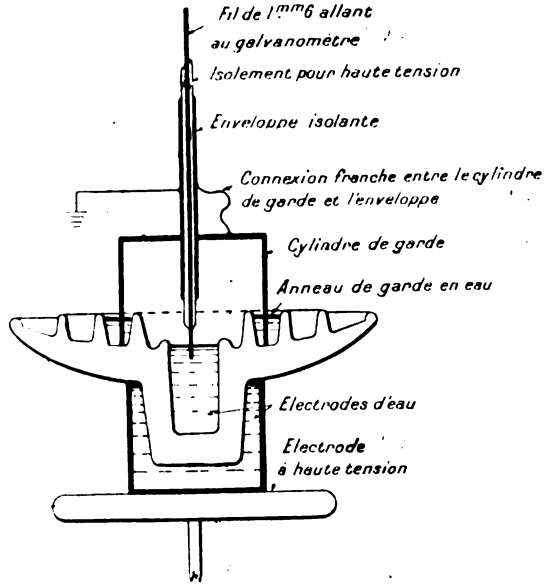


Fig. 2. — Dispositif de protection du galvanomètre contre les effluves.

effet d'y produire des fuites superficielles très supérieures à celles qu'on observe avec les tensions de 600 à 1 000 v ordinairement appliquées dans les essais au megger. La plus grande partie de ces fuites se manifeste sous

Digitized by Google

forme d'effluve et ne peut donc pas être éliminée par le nettoyage de la surface de l'isolateur. Il faut donc dériver tous ces courants vagabonds directement à la terre par un circuit contournant le galvanomètre. La figure 2 représente la disposition adoptée. Quand c'est possible, on emploie l'eau de la ville pour amener le courant aux porcelaines, non pourvues de leurs ferrures, et pour réaliser des anneaux de garde. Sur les porcelaines dépourvues de cloches, on pose comme anneau de garde une bague de feutre saturée d'eau, et le cylindre de garde est placé sur cette bague. Une feuille de plomb mise à la terre protège toute la longueur du fil qui va de l'isolateur au galvanomètre, et l'instrument est assez éloigné des parties à haute tension pour ne pouvoir être atteint par des courants de fuite passant par l'atmosphère.

Le tableau ci-dessous, qui donne quelques-uns des résultats obtenus, est une classification des isolateurs dus à différents fabricants A, B, C, et de dates de fabrication diverses, suivant la valeur de leurs résistances d'isolement en mégamégohms (millions de mégohms). Ces mesures ont été faites sur les éléments de chapelets d'isolateurs au moment de leur réception, elles ont porté sur des éléments munis ou non de leurs ferrures

FABRICANT.....	A	B	C	D
DATE DE FABRICATION.....	1913	1913	1916	1916
Valeur de la résistance en mégamégohms.				
Au-dessous de 0,010.....		3		
0,010-0,099				
0,10 -0,19				1
0,20 -0,39	5	1	54	
0,40 -0,59	5		37	
0,60 -0,79	17		3	1
0,80 -0,99	33	1		1
1,00 -1,19	12	8	3	28
1,20 -1,39	17	39	3	17
1,40 -1,59		31		1
1,60 -1,79		7		
1,80 -1,99		11		
2,00 -2,19		4		
2,20 -2,39		1		
2,40 -2,59				
TOTAL.....	89	106	100	49

ETUDE DE L'INFLUENCE DES EFFORTS MÉCANIQUES SUBIS SUR LA RÉSISTANCE ÉLECTRIQUE. — Au moyen d'une machine à essais, on a appliqué à chaque élément d'isolateur des efforts mécaniques variant de 0 à 2 260 kg (5 000 livres), mais, en aucun cas, on n'a observé de variation de résistance électrique sous cette influence.

ETUDE DE L'INFLUENCE DE LA TENSION APPLIQUÉE SUR LA RÉSISTANCE. — On a cherché à se rendre compte, au moyen du megger, si la résistance d'un isolateur reste constante quand la tension varie de 1 000 à 30 000 v. Aucune variation sensible de la résistance n'est apparue. Cependant, des essais antérieurs où l'on avait employé des tensions continues de 110 à 740 v ont donné, sur des isolateurs très pénétrés d'eau, des valeurs d'isolement beaucoup plus élevées que celles qu'on a obtenues ensuite à 25 000 v. Il y a là une anomalie qu'on ne s'explique pas.

ETUDE DE L'INFLUENCE DE LA TEMPÉRATURE SUR LA RÉSISTANCE. — On a construit une étuve permettant de chauffer huit isolateurs à la fois et de les passer au megger l'un après l'autre sous une tension continue de 25 000 v. La température est déterminée d'après dix bobines en fil de cuivre fin, qu'on peut relier commodément à un pont de Wheatstone. Les courbes de la figure 3 représentent les résultats de l'étude de six iso-

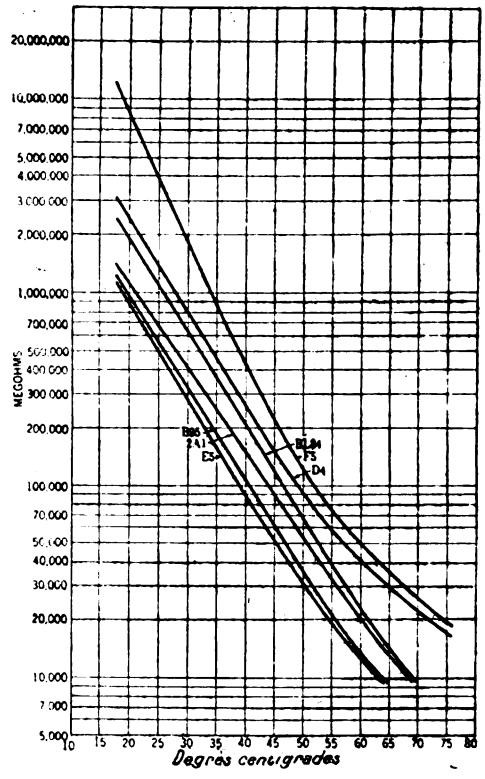


Fig. 3. — Variation de la résistance des isolateurs avec la température.

lateurs différents. La résistance décroît avec une extrême rapidité quand la température s'élève, et ce taux de décroissance est sensiblement le même pour les porcelaines de fabrications différentes.

Les techniciens de la céramique ont aussi étudié déjà l'influence de la température sur la résistivité de la porcelaine. Des recherches effectuées par Weimar et Dunn à l'Université de l'Ohio ont montré qu'entre 1,6° et 82° environ la résistivité de la porcelaine décroissait de 100 à 1 suivant une courbe logarithmique, pour une élévation de température de 51°. La valeur moyenne correspondante tirée des courbes ci-dessus est une élévation de température de 46°. La concordance est satisfaisante.

De tels résultats causent vraiment une surprise désagréable, quand on pense aux effets calorifiques que la

Digitized by Google

porcelaine peut avoir à supporter en cas de défaut sur la ligne. On a trouvé qu'au-dessus de 300° la porcelaine n'a pratiquement plus de rigidité diélectrique et que la tension qu'on lui applique est entièrement employée à y faire circuler un courant par conduction électrolytique.

Il est à noter que, dans ces essais, on n'a observé que très peu de cas de fêlure dus à la dilatation des parties métalliques, même dans les isolateurs anciens pour lesquels on n'avait pas cherché à éviter cet accident, et quoiqu'on ait chauffé des isolateurs avec parties métalliques assemblées à la porcelaine jusqu'à 150°, température bien supérieure à celles qu'ils peuvent avoir à supporter en service normal.

Comment il conviendrait de modifier la composition de la porcelaine des isolateurs. — Les études faites par les céramistes sur les relations qui existent entre la composition de la porcelaine et ses propriétés amènent à la conclusion que, pour donner à la porcelaine électrotechnique les qualités de dureté, de vitrification, d'imperméabilité qu'elle doit avoir, il faut lui incorporer une forte proportion de quartz (autrement dit de silice) cuit à une température élevée. Il faut donc diminuer la quantité de feldspath et d'argile et augmenter celle de silice. En allant assez loin dans cette voie, on arriverait finalement au quartz pur fondu. La température de fusion du quartz est plus élevée que celle du platine.

En quittant l'état cristallin sous l'influence de la chaleur, il se fendille extrêmement et par là emprisonne à son intérieur de grandes quantités d'air ou d'autres gaz pris dans le fourneau. Il est difficile de liquéfier suffisamment le quartz sans vaporisation pour remettre en liberté ces gaz entraînés. On a pu, dans ces dernières années, surmonter assez ces difficultés pour pouvoir fabriquer, sur une échelle restreinte, des appareils de chimie en quartz fondu. Une fois fondu et purgé d'inclusions gazeuses, le quartz a des propriétés électriques, réfractaires et thermomécaniques incomparables. Il ne subit pas de dommage si, chauffé au rouge, on le plonge dans l'eau froide. Quand on pourra le liquéfier suffisamment au four électrique pour en extraire tous les gaz entraînés, on pourra le verser dans des moules en métal froid pour en faire des isolateurs pour haute tension. Mais en attendant ce progrès, c'est sans doute la porcelaine qui restera employée pour cet usage.

Conclusions. — 1° La porcelaine d'une porosité appréciable ne doit pas être employée à la fabrication des isolateurs à suspension. Leur rupture se produirait nécessairement au bout d'un temps plus ou moins long sous l'action des éléments;

2° Le ciment employé pour les isolateurs à suspension du type à chapeau et tige métalliques ne doit pas être poreux;

3° Si l'on a reconnu l'importance de la porosité comme cause de la destruction des isolateurs, il n'en faut pas moins considérer celle des caractères de construction par lesquels on diminue les fêlures dues aux dilatations inégales et les ruptures dues aux surtensions électriques et à la chaleur dégagée par les arcs ;

4° C'est à la défectuosité des matières, dans des isolateurs d'ailleurs bien conçus et fabriqués, qu'on peut attribuer la plupart des insuffisances d'endurance en service;

5° Il est à souhaiter qu'on puisse substituer le quartz transparent fondu à la porcelaine dans la fabrication des isolateurs à suspension.

P. L.

Revues, analyses et informations

La nouvelle usine génératrice de la New-Jersey Company (1).

La Nouvelle Centrale d'Essex utilise des turbo-générateurs de 25 000 kv-a, tournant à 1 800 tours ; elle possède des dispositifs pour récupérer la chaleur perdue par les machines électriques, pour permettre la marche indépendante ou en parallèle des générateurs, elle fait un usage étendu des moteurs pour les services auxiliaires. D'autres nouveautés comprennent : des appareils indicateurs et enregistreurs des salles de chauffe, la commande électrique des canalisations d'eau et de vapeur, le contrôle du fonctionnement des interrupteurs, des dispositifs de localisation des câbles défectueux, etc...

Dispositions générales de l'usine. — La station d'Essex est située sur la Passaic River à environ 2,5 milles (4 km) à l'est de New-Ark. Cette station a été construite pour fournir du courant aux tramways et aux industries locales et pour assurer la continuité du service en marchant le plus économiquement possible. L'emplacement actuel a été choisi à cause de la proximité de la demande, de l'abondance de l'eau courante, des facilités pour recevoir le charbon par voie de fer et par voie d'eau. La construction en fut commencée en 1914 et le 1er octobre 1915 la Centrale commença la fourniture de courant.

Les dispositions adoptées permettent l'adjonction ultérieure de 2 générateurs de 25 000 kv-a et de 4 chaudières.

En 1916, on installa 4 chaudières supplémentaires et on passa commande d'un troisième générateur de 35 000 kv-a et d'un autre groupe de 4 chaudières qui seront installés en 1917. Le matériel de manutention du charbon a été prévu pour une capacité ultérieure de la Centrale de 200 000 kv-a. Actuellement, on a terminé la construction d'un tiers du bâtiment de chauffe, de la moitié du bâtiment de l'appareillage. Ce dernier doit être complété ainsi que la deuxième section de chauffe. Celle-ci possède une tour équipée pour la manutention du charbon : déchargement des wagons et

(1) P.-H. Chase. *Electrical World*, 20 janvier 1917, t. LXIX, page 124-128, 2 500 mots, 12 fig.

Digitized by Google

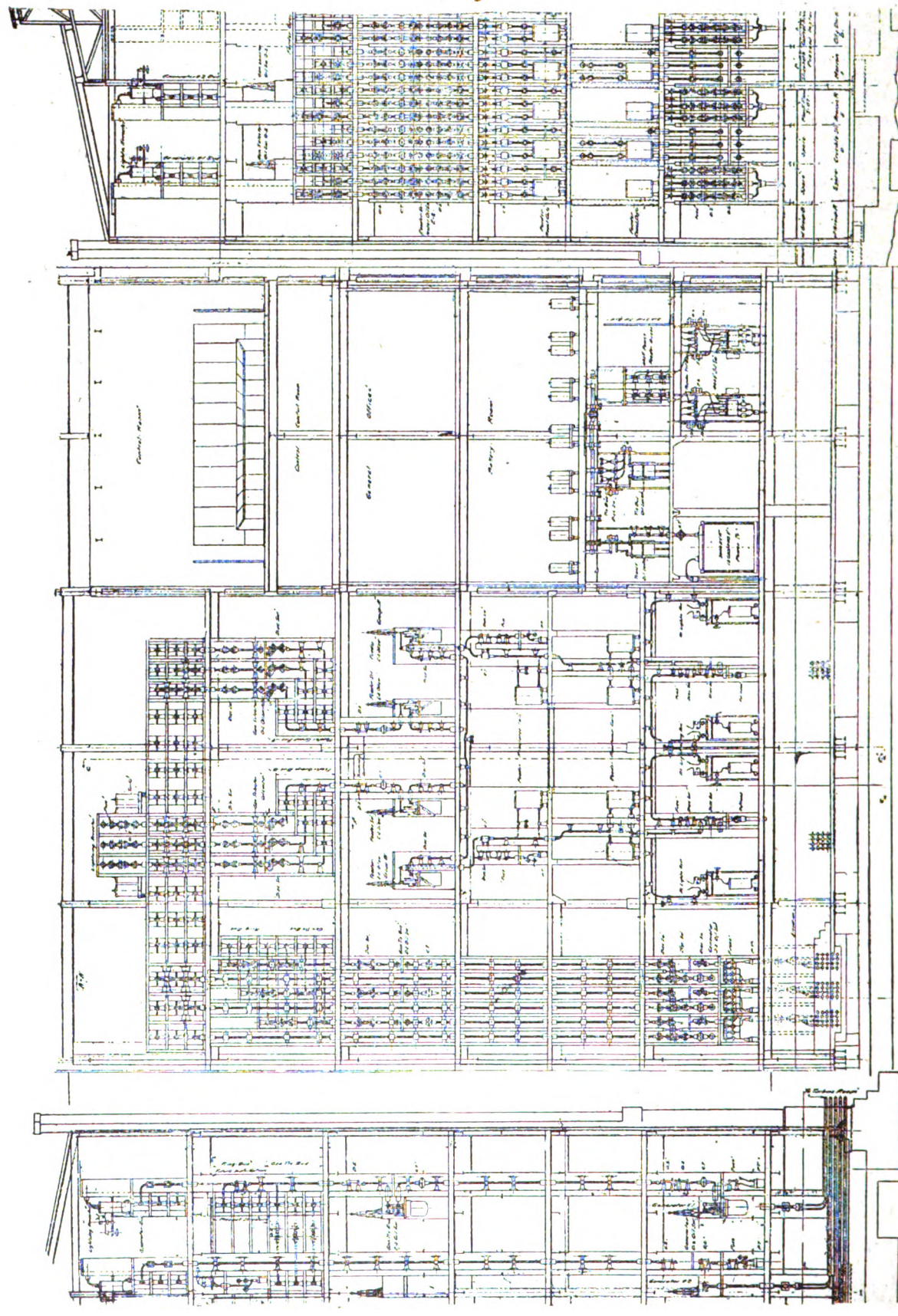


Fig. 1. — Coupes diverses du bâtiment des tableaux de la nouvelle usine génératrice de la New-Jersey Cy.

Digitized by Google

des péniches, broyage du charbon en morceaux de dimensions uniformes et transport vers les soutes à charbon placées derrière la salle de chauffe. Le charbon peut être également dirigé sur le stock de réserve d'où l'on peut le reprendre pour le conduire dans les soutes à charbon. Des trémies sont disposées dans les soutes de façon à distribuer le charbon aux grilles mécaniques après l'avoir pesé automatiquement. Les chaudières sont placées au rez-de-chaussée de la salle de chauffe par rangées de 4. Au-dessous se trouvent l'équipement pour la manutention des cendres, les ventilateurs pour le tirage forcé, diverses pompes et le tableau de distribution commandant ces services auxiliaires. Au-dessus des chaudières se trouvent les économiseurs. Les gaz sont chassés dans ceux-ci par des ventilateurs électriques. Le hall des turbines est prévu pour l'installation de groupes turbo-générateurs d'une puissance unitaire de 35 000 kv-a, il est pourvu d'un pont roulant électrique de 100 t. On a réservé une place pour l'installation de trois excitatrices de 150 kw dont l'une est placée actuellement. Les sous-sols du hall, d'une hauteur de 10 m environ, contiennent les condenseurs, les appareils auxiliaires et les purificateurs d'air pour les générateurs.

Le tableau de distribution, isolé du reste de la station comporte six étages. Un pont couvert réunit les bâtiments. Une autre partie de la construction contient l'équipement à haute tension, tandis que le reste est dévolu aux bureaux, batteries d'accumulateurs et à la salle de contrôle.

La figure 1 montre différentes coupes du bâtiment des tableaux.

Dispositifs de connexions. — Chaque générateur installé peut être connecté directement à un groupe quelconque de feeders. On a prévu 180 interrupteurs à huile, à haute tension, pour l'installation complète de 6 générateurs et de 66 feeders, ce qui fait 30 interrupteurs par générateur. Avec les dispositions adoptées, on peut faire passer facilement la charge d'un générateur à un autre, un feeder quelconque peut être facilement isolé pour marcher dans des conditions spéciales ou pour effectuer des essais; d'autre part, les barres peuvent être instantanément mises hors circuit pour exécuter les réparations nécessaires. Des bobines de réactance seront installées plus tard entre chaque générateur et les barres pour les raisons suivantes : 1° pour protéger les enroulements du générateur, les connexions et les interrupteurs à huile; 2° afin de maintenir le service quand un défaut apparaît sur l'un des feeders; 3° pour maintenir le service sur tous les feeders en cas d'accident d'un générateur; 4° pour assurer la protection, tout en obtenant les avantages du couplage en parallèle. Le schéma général des connexions et l'effet des réactances avec un court-circuit et des terres sont montrés sur les figures 2 et 3. Les courbes indiquent l'effet des bobines de réactance. Elles ont été établies pour 6 générateurs de 25 000 kv-a supportant des charges séparées et un court-circuit se produisant sur les barres d'un générateur. Avec la valeur de réactance choisie, le courant maximum de court-circuit se trouve être égal à la capacité de rupture des interrupteurs employés. Le schéma des connexions est montré sur la figure 2.

Interrupteurs et canalisations. — Les cellules des interrupteurs et des barres sont construites en brique de béton et peintes en gris. Tous les interrupteurs automatiques à huile sont équipés avec un relais spécial qui ne maintient pas la fermeture d'un interrupteur quand celui-ci a été fermé sur un court-circuit. Le câble de contrôle de chaque interrupteur est placé dans un conduit séparé. La station actuellement en service comporte environ 150 km de canalisations de diverses sections. Ces canalisations sont placées généralement dans des tubes de fer, sauf dans les passages des murs et des planchers, dans le cas des conducteurs simples, où l'on emploie des tubes de laiton. On utilise des tubes de fibre pour les câbles reliant les turbines aux

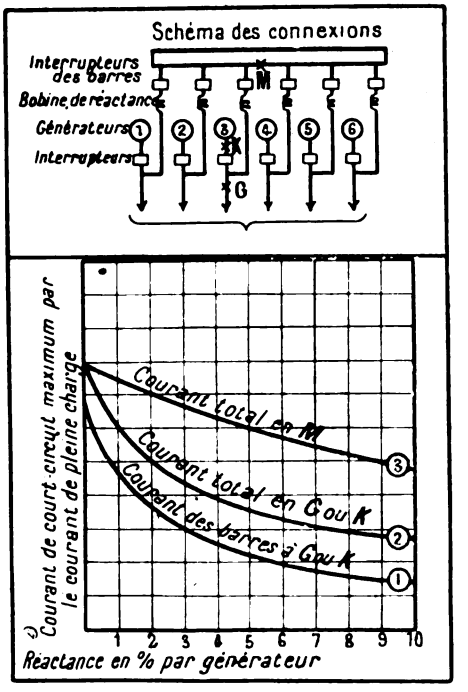


Fig. 2 et 3. — Connexions des générateurs et courbes des effets de la réactance.

sous-sols du bâtiment des interrupteurs. Une grande partie des tubes de lumière et de contrôle sont placés sur les murs dans le bâtiment des chaudières; mais, ailleurs, elles sont le plus souvent dissimulées sous les planchers ou derrière les parois. Sous la salle de contrôle se trouve unt salle de canalisation dans laquelle tous les circuits sont concentrés pour aboutir aux panneaux de contrôle.

Système de contrôle employé. — Le système de contrôle a été étudié pour donner le plus de sécurité possible et permettre la localisation rapide d'un défaut, et, enfin, pour faire immédiatement les connexions nécessaires pour remédier à celui-ci. Le tableau de distribution, qui consiste en deux groupes de trois tableaux chacun, est disposé en arc de cercle du côté opposé au bureau de l'opérateur. Un groupe de tableaux est destiné aux générateurs et aux excitatrices et l'autre aux feeders. Les tableaux les plus près de la table de l'opérateur sont du modèle à pupitre et supportent les interrupteurs de contrôle et les lampes témoins. La deuxième rangée de panneaux est verticale et supporte les appareils de mesure. La troisième rangée du panneau des feeders est pourvue des relais de protection tandis que la troisième rangée des panneaux des générateurs est destinée aux appareils enregistreurs. Un des tableaux verticaux supporte une horloge et deux appareils indicateurs enregistreurs de synchronisme. Les connexions de contrôle de tous les interrupteurs à haute tension sont connectées aux indicateurs de synchronisme de façon que toutes manœuvres soient enregistrées. On peut ainsi vérifier si elles ont été faites correctement.

Digitized by Google

Le problème des surtensions (1).

L'Association des Electrotechniciens allemands (Electrotechnischer Verein) avait demandé à ses membres d'examiner et d'analyser les divers phénomènes dus aux surtensions qu'ils avaient eu l'occasion d'observer. Pour permettre aux discussions de suivre un cours normal, l'auteur de cet article avait divisé le problème en un grand nombre de points, qu'il nous a paru intéressant de reproduire.

Division du sujet. — La division est donnée sous forme de questions :

1. — *Nature des surtensions : a*) Surtensions de courte durée (produites par des ondes vagabondes);

b) Surtensions persistantes (provenant de phénomènes de réflexion ou de résonance).

2. — *Origine des surtensions.* — *a*) Par suite de pertes à la terre (à cause de la variation de capacité du réseau, naissent d'abord des ondes vagabondes, puis, dans certaines circonstances, des oscillations dues à des phénomènes de résonance, accompagnées de surintensités et de surtensions).

b) Par suite de court-circuit, il y a lieu d envisager :

α) Des courts-circuits symétriques, englobant toutes les canalisations d'un réseau.

β) Des courts-circuits non symétriques, ne se répercutant que sur une partie des canalisations d'un réseau;

c) Par suite de mise en circuit : de canalisations aériennes, de canalisations souterraines (câbles), de transformateurs;

d) Par suite de mise hors circuit ou d'interruptions de courant;

e) Par suite de décharges atmosphériques.

3. — *Résistance au claquage du matériel isolant.* —

a) Pour des phénomènes de courte durée (ondes vagabondes) (§ I *a*).

b) Pour des phénomènes persistants (résonance § I *b*).

c) Tension d'essai, grandeur, nature, durée, facteur de sécurité à admettre contre le claquage.

d) Quelle est la nature de la surtension présentant le plus de danger pour les matériaux isolants?

4. — *Protection contre les surintensités.* — Son importance et ses relations avec les phénomènes de surtensions.

a) Par suite de pertes à la terre.

b) Par suite de court-circuit.

c) Chaque canalisation isolée de la terre doit être munie d'un système de protection contre les surintensités. Dans le cas négatif, quelle est la limite correspondante de puissance?

d) Mise à la terre du point neutre :

α) Des générateurs de courant;

β) Des transformateurs de courant;

Avantages, inconvénients, harmoniques dans les machines, dans le réseau. Influence du montage des générateurs, des transformateurs eu égard à la mise à la terre.

γ) Prescriptions pour la mise à la terre du point neutre (par l'intermédiaire d'éclateurs, d'appareils système Cardew avec résistance en série, grandeur, mode de construction des appareils).

e) Appareils de protection appropriés et dispositifs de protection contre les surintensités (relais à temps directs et indirects; interrupteur de mise à la terre; bobines de réactance, grandeur, mode de construction, emplacements à prévoir dans les réseaux ou dans les centrales).

(1) D'après un article de Karl Kuhlmann, paru dans l'*Elektrotechnische Zeitschrift* du 7 décembre 1916, p. 661.

5. — *Paratensions.* — *a*) Parafoudres à cornes.

b) Soupapes;

c) Limiteurs à rouleaux;

Avantages, inconvénients, limites d'utilisation, emplacements à prévoir.

d) Retard à la décharge. Ordre de grandeur;

e) Est-il nécessaire d'éviter ce retard et comment y parvenir?

α) Appareils éclateurs auxiliaires.

β) Emission de lumière ultra-violette.

γ) Grandeur et construction des résistances à mettre en série avec les limiteurs à rouleaux.

Remarque. Les limiteurs à rouleaux, qui sont en liaison avec la terre, peuvent, lors de leur fonctionnement, par suite des variations de capacité, faire naître des oscillations de résonance, comme le ferait une perte à la terre. Il faut donc que la résistance du circuit de mise à la terre ait une certaine valeur, qui dépend de l'inductance et de la capacité du circuit résonnant. Cette valeur n'a du reste en général rien à faire avec les constantes *L* et *C* du réseau auquel ces limiteurs sont reliés.

h) Schéma de montage des limiteurs à rouleaux dans les canalisations aériennes ou souterraines (câbles).

6. — *Bobines de réactance.* — Avantages, inconvénients eu égard à l'efficacité de la protection (ondes vagabondes, danger de résonance);

a) Bobines de réactance ordinaires (sans fer);

b) Bobines de réactance avec fer;

c) Bobines de réactance avec ou sans fer avec résistance en parallèle;

d) Bobines comme en *c*), mais ayant soit un éclateur, soit un appareil Cardew en série avec la résistance en parallèle;

e) Grandeur de l'inductance des bobines Dépend-elle des appareils à protéger?

b) Schéma de montage et disposition des bobines de réactance dans un réseau.

7. *Condensateurs.* — (Avantages, inconvénients eu égard à l'efficacité de la protection contre les ondes vagabondes, les phénomènes de résonance. Construction, montage, grandeur de la capacité, tension d'essai des condensateurs.)

8. *Protection contre les surtensions au moyen de câbles.* — (Tronçons spéciaux de câbles placés en avant des machines et des transformateurs.)

9. *Limiteurs à jets d'eau.* — (But, utilité, construction, emplacement.)

10. *Bobines de self-induction pour mise à la terre.* — (But, utilité, construction, emplacement.) Doivent-elles avoir une faible résistance ohmique? Doivent-elles être branchées au réseau avec ou sans l'intermédiaire d'une résistance?

11. *Schéma de montage, construction, constantes des machines et des réseaux eu égard à la formation des surtensions.*

a) Réseaux bouclés;

b) Réseaux dérivés;

c) Montage étoile ou triangle des générateurs;

d) Montage des bobinages haute et basse tension; étoile-étoile; étoile-triangle; triangle-étoile; triangle-triangle;

e) Conducteur aérien de mise à la terre (câble de protection contre la foudre). But, utilité, construction;

α) Dans les installations haute tension;

β) Dans les installations basse tension (comme conducteur neutre).

12. *Interrupteurs.*

a) Limites d'emploi des interrupteurs ordinaires;

b) Limites d'emploi des interrupteurs à contacts auxiliaires, construction, nombre de temps;

Digitized by Google

c) Limites d'emploi d'interrupteurs qui, lors seulement du déclanchement automatique, insèrent dans le circuit en un ou plusieurs temps des résistances ou des inductances.

13. *Éléments d'aluminium, parafoudres électrolytiques.*

14. *Appréciations prudentes sur tous les avantages et les inconvénients des moyens de protection.*

Exemples. — Pour montrer quelles difficultés on peut rencontrer dans le choix des moyens de protection contre les surtensions, l'auteur donne quelques exemples tirés de sa propre expérience.

Exemple 1. — La grandeur de la tension d'une onde vagabonde est d'autant plus petite que la capacité à l'endroit considéré est plus grande. Si on établissait des réseaux en respectant rigoureusement ce principe, on tomberait dans un autre mal, celui dû aux phénomènes de résonance.

Les machines établies par certains constructeurs peuvent donner tous les ennuis possibles, en un endroit déterminé, tandis que les machines d'une autre marque établies dans le même endroit, pour les mêmes données de fonctionnement se comporteront d'une façon irréprochable. Cela tient à ce que le choix des données de construction des premières, nombre de tours, inductance, etc., ne s'accordent pas avec les données du réseau. Il n'y a du reste aucun moyen pratique de prévoir à l'avance ces inconvénients et par conséquent de les éliminer.

Exemple 2. — On a prévu, dans un réseau, une bobine de réactance, pour limiter le courant de court-circuit. Elle possède une certaine inductance. Il se produit par hasard une mise à la terre à un endroit tel que les conditions de résonance, entre l'onde vagabonde et l'onde principale ou une onde harmonique, sont remplies. La bobine de réactance de protection devient un danger pour le réseau. Pour parer à ce danger, il suffit de mettre en parallèle avec la bobine de réactance une résistance en série avec un éclateur.

Exemple 3. — Un parafoudre est muni d'un soufflage magnétique. L'enroulement d'excitation de ce soufflage se trouve dans le circuit de l'étincelle. Pour obtenir un soufflage plus efficace, le constructeur a construit cette bobine avec un grand nombre de spires ; cette bobine a donc une forte inductance. Une résistance est mise en série avec la bobine de soufflage. Le parafoudre fonctionne ; malgré la résistance, la bobine grille, tout le parafoudre s'enflamme. A quoi attribuer cet effet ? On peut presque certainement répondre que : le parafoudre était placé dans un endroit tel que, au moment de son fonctionnement, les conditions de résonance étaient remplies par la capacité du réseau et l'inductance de la bobine de soufflage et du circuit de terre, ou qu'une onde vagabonde, franchissant l'éclateur, est venue faire claquer la bobine de soufflage. Le remède : diminuer le nombre de spires de la bobine de soufflage et, avant tout, mettre en parallèle avec cette bobine une résistance ou un éclateur.

Exemple 4. — L'interrupteur du circuit d'alimentation d'un moteur comporte un dispositif de disjonction à maximum par bobine en série sur le courant principal. Pour être sûr d'obtenir un bon fonctionnement, on construit une bobine d'attraction robuste ; elle possède une assez forte inductance. Une onde de surtension survient, jaillit au-dessus de la bobine sur le couvercle de l'interrupteur, qui est mis à la terre. L'étincelle a le malheur sur son circuit de mettre en série la capacité du réseau et la forte inductance de l'interrupteur et de produire un phénomène de résonance. L'interrupteur déclanche, il explose, parce que sa capacité de rupture n'était pas prévue pour couper l'intensité due à la résonance. Le remède est le suivant : mettons en parallèle avec l'électro de déclanchement un fusible, de sorte que, lors du fonctionnement normal, tout le courant passe par ce fusible, ce qui permettra de construire la bobine d'électro avec un fil très fin, d'une très grande résistance. La faible résistance, présentée au passage de l'onde vagabonde par le fusible, fait que ce dernier empêche cette onde d'être réfléchie par suite de la présence de l'inductance, l'onde poursuit sa course et il ne se passe rien. Supposons malgré tout que, quelque part, se produise une mise à la terre ou un phénomène de résonance, le fusible fond tout d'abord et met en circuit l'inductance. Par suite de la grande résistance de la bobine, le courant de résonance diminue, une onde d'équilibre s'établit (décharge de l'énergie magnétique des conducteurs par transformation en énergie de charge), le disjoncteur déclanche, mais coupe un courant beaucoup plus faible que précédemment et n'a aucun mal.

Des exemples précédents, il faut tirer la conclusion suivante : au point de vue des surtensions, il faut tenir compte des inductances autant que des capacités.

Discussion. — Dans le même numéro, page 671, a paru le compte rendu de la discussion basée sur le programme précédent ; nous ne nous étendrons pas sur les avis émis, qui sont du reste, assez différents les uns des autres ; nous retiendrons toutefois l'appréciation donnée sur le réseau de Gröditz et de Groba. Le courant de ce réseau est produit par la Lauchhammer A. G. (centrale alimentée par des lignites) et amené sous 100 000 v à Gröditz et à Groba. De là, on part sous 60 000 v avec la canalisation principale, longue de 120 km, desservant toute la région. Cinq sous-stations permettent de fournir aux abonnés du courant sous 15 000 v. La longueur totale des canalisations à 15 000 v est de 1 500 km. Depuis deux ans, ce réseau fonctionne sans appareils de protection contre les surtensions ; on s'est contenté de multiplier les bobines de réactance de mise à la terre. Parmi ses 1 000 postes de transformation, ce réseau possède 500 postes de transformation sur poteaux qui n'ont été munis d'aucun appareil de protection contre les surtensions ; les autres postes sont des sous-stations en bâtiment ; la moitié seulement avait été munie d'appareils contre les surtensions ; depuis deux ans que ceux-ci ont été supprimés, l'expérience a montré que le nombre des accidents causés par les surtensions avait plutôt diminué ; il faut remarquer toutefois qu'on a laissé subsister les bobines de réactance de mise à la terre et qu'on en a même multiplié le nombre ; la conclusion de tout cela est qu'il ne faut pas tant chercher à résoudre le problème consistant à la construction des appareils parfaits pour la protection contre les surtensions, mais bien plutôt s'efforcer d'éviter que des surtensions puissent naître dans un réseau. L'exploitant qui porte ce jugement donne ensuite quelques règles pratiques permettant de construire dans les meilleures conditions les installations à haute tension.

1° Il faut à tout prix éviter que les canalisations aériennes puissent venir en contact l'une avec l'autre, et pour cela déterminer rationnellement, dans chaque cas, la distance nécessaire entre fils.

2° Il faut toujours prendre, pour l'établissement des lignes aériennes, des isolateurs de très bonne qualité et ne pas se laisser influencer par le bon marché par exemple.

3° Il faut que les tiges de support des isolateurs soient suffisamment longues. On devra toujours avoir une distance d'au moins 350 mm entre les canalisations et les traverses d'un pylône supportant les isolateurs. Ceci pour éviter les mises à la terre par le corps des oiseaux qui

Digitized by Google

viennent se poser sur les pylônes. Cet accident est signalé comme fréquent dans le réseau dont il est question. A ce point de vue, on préconise de préférence l'emploi des isolateurs à chaînons pour les tensions supérieures à 15 000 v.

4° Il faut prendre toutes les précautions voulues contre les mises fortuites à la terre. Dans le réseau de Gobra dont il est question, on donne au veilleur des instructions pour isoler immédiatement du réseau toute phase dont le débit à la terre atteignait 6 à 8 A. Pour cela, il faut naturellement installer les indicateurs de terre utiles et se donner la possibilité de remplacer le fil de ligne incriminé par un autre disponible. Dans cette installation, on avait trouvé avantageux de disposer des appels pneumatiques fonctionnant automatiquement lors de mises fortuites à la terre.

5° Pour éviter les accidents signalés au paragraphe 3 ci-dessus, on peut préconiser l'emploi d'interrupteurs dits de mise à la terre, qui ont été expérimentés avec succès en Amérique; le fonctionnement est le suivant : dès qu'un arc éclate entre une phase et la terre, cette phase est mise en court-circuit pendant une fraction de seconde. Si malgré cela l'arc subsiste, l'appareil recommence de nouveau la manœuvre et, si l'accident subsiste, court-circuite définitivement la phase incriminée.

6° On a remarqué dans ce réseau que les perturbations étaient rares dans les lignes à 60 000 v; lorsque des claquages se produisent sur les transformateurs, c'est presque toujours du côté secondaire. L'exploitant de ce réseau en conclut que les lignes de 60 000 v se protègent dans une certaine mesure par elles-mêmes. Il n'a pas eu l'occasion d'essayer le fil de mise à la terre courant au-dessus des canalisations, il émet toutefois l'opinion que, pour obtenir un résultat efficace, il faut tendre un fil double au-dessus de la ligne.

Tous ceux qui ont eu à étudier cette question de la protection des réseaux contre les surtensions, ont certainement été surpris de l'indécision complète dans laquelle est restée la solution de ce problème. Toutes les opinions ont cours à ce sujet, mais aucune précision n'a jamais été donnée. Il serait bon que les spécialistes de la question dirigent leurs efforts vers ce but et parviennent à déterminer des lois suffisamment concrètes pour permettre aux exploitants d'être dirigés dans leur choix. La question est certes complexe, mais il semble pourtant qu'on pourrait déjà, avec l'expérience acquise, serrer la question de beaucoup plus près.

E. P.

Machine à essayer les bouchons de gaine-relais.

Au cours de la fabrication par emboutissage des bouchons de gaine-relais, (fig. 1), il se trouva, dans certains lots, quelques produits présentant des criques circulaires aux raccordements A_1 et A_2 du corps cylindrique avec le fond et la collerette.

Il fut donc nécessaire de soumettre sans délai tous les bouchons déjà fabriqués à un essai de résistance permettant d'éliminer les produits défectueux.

Pour cet essai, le bouchon B, placé dans une matrice C (fig. 2) où il s'appuie par sa collerette, reçoit la pression d'un poinçon D agissant sur le fond.

La pression, qui est de 600 kg : cm², est appliquée au poinçon D au moyen d'une machine (fig. 3).

Cette machine comporte un fléau E articulé au point fixe F et portant le presseur G destiné à agir sur le poinçon D.

La pression est fournie par un contrepoids H calculé d'après le rapport des bras de levier pour donner en G l'effort requis.

Le levier de relevage I, actionné par le levier à main J, agit sur les biellettes à fourche K; ce dispositif sert à

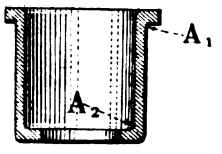


Fig. 1.

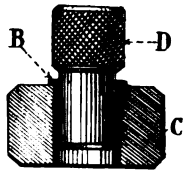


Fig 2.

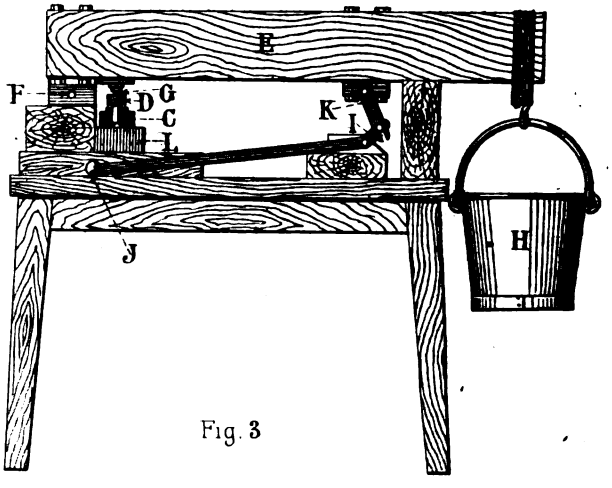


Fig. 3

Fig. 1. Emboutissage. — Fig. 2. Matrice. — Fig. 3. Machine à essayer.

relever le fléau E pour permettre l'introduction sous le presseur G de l'ensemble représenté (fig. 2), et à libérer le fléau pour laisser agir librement le contrepoids.

La matrice C s'appuie sur la plaque L et contre des taquets non figurés déterminant sa position exacte.

Le fonctionnement s'explique suffisamment; la machine peut essayer plus de 500 bouchons à l'heure.

La principale particularité de cette machine est d'avoir été construite en un temps très court, comme il convenait pour résoudre sans délai une difficulté surgissant à l'improviste.

La construction se résume, en effet, dans une mise en œuvre extrêmement simple de matériaux immédiatement disponibles : plaque pour la pièce L; acier carré brut pour leviers et coussinets; acier méplat brut pour les biellettes et l'étrier du contrepoids; acier étiré rond pour axes et poignée; tiges filetées et écrous pour tenir lieu de boulons; seau de cuisine et déchets métalliques pour le contrepoids; morceaux de bois dur pour le fléau et les supports; table existante pour supporter le tout.

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

Assemblées générales

Energie électrique du Sud-Ouest.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE EXTRAORDINAIRE DU 31 MAI 1917.

L'Assemblée générale extraordinaire du 31 mai était appelée à délibérer sur le programme important de travaux qui avait été exposé à l'Assemblée ordinaire du 4 mai dont nous avons précédemment rendu compte (1). Les quantités d'énergie produites à la vapeur par la réserve thermique de l'usine de Tuillière ayant dépassé les limites de l'exploitation rationnelle et économique, en raison de l'augmentation croissante des demandes des usines travaillant pour la Défense nationale, la Société a jugé qu'il importait de rétablir au plus tôt la proportion normale entre les quantités d'énergie électrique produites hydrauliquement et celles produites à la vapeur en équipant une nouvelle chute.

Les concessions de deux chutes sur la Dordogne, celle de Mauzac et celle de Lalinde, ont été demandées, et les autorisations ont été obtenues pour la première dont les travaux d'aménagement vont commencer incessamment.

Les dépenses à engager sont d'environ 21 millions de francs, dont 16 millions seront obtenus par l'émission d'obligations 6 pour 100 et le solde par une augmentation ultérieure du capital de 6 millions.

En raison de ces travaux prochains et de ceux qui sont prévus pour l'avenir, l'Assemblée générale extraordinaire a décidé que le capital actions pourrait être porté en une ou plusieurs fois de 24 millions à 50 millions de francs en réservant le droit de souscription des premiers actionnaires, sur simple décision du Conseil d'administration; elle a donné également pouvoir au Conseil d'émettre en tout temps, et aux conditions qu'il jugera utile de fixer, des bons à échéances, des obligations ou tous titres de même nature jusqu'à concurrence d'une somme égale au double du montant du capital social.

La durée de la Société a été en même temps prorogée de 35 années.

Société anonyme des usines de Paris et d'Outreau.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 25 MAI 1917.

Parmi les nombreux travaux exécutés par la Société, pendant l'exercice, dans ses usines de Paris, Outreau et Saint-Denis, nous signalerons spécialement ceux qui ont été faits pour améliorer leur station centrale d'électricité à vapeur. Ces travaux, qui seront probablement terminés pendant le courant de l'année, lui permettront d'augmenter ses disponibilités électriques.

Pendant toute l'année, la Société avait d'ailleurs déjà pu fournir sans arrêts du courant électrique à la Compagnie de distribution qui alimente Boulogne et les environs.

Dans ce même domaine de l'Electricité, nous noterons également que le premier four électrique, qui fabrique de la fonte synthétique, a été mis en route avec succès au commencement du mois d'avril et que la Société étudie le développement de ses fabrications électrométallurgiques.

Les bénéfices de l'exercice se présentent en progrès sensible sur ceux de l'exercice précédent et donnent un résultat net de 3 708 416 fr.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1916.

Actif.

	fr
Frais de constitution, de mise en marche, d'émission de primes, d'apports et brevets (amortissements déduits)	5 »
Terrains, bâtiments et matériel	13 233 021,10
Dépenses à amortir	1 354 166,70
Obligations à la souche	407 500 »
Approvisionnements en magasins	1 313 601,10
Marchandises, fabriques sur parc et pièces en cours de fabrication	1 897 363,80
Caisses et dépôts chez les banquiers	1 969 857,45
Dépôts divers	244 371,28
Titres en portefeuille	349 615 »
Effets à recevoir	206 239,10
Débiteurs divers	3 839 293,52
	24 815 034,05

Passif.

	fr
Capital actions	6 000 000 »
Obligations	2 119 500 »
Amortissement des travaux et matériel	3 547 111,55
Réserve légale	507 951,23
Fonds de prévoyance et réserves	3 290 020,69
Réserves pour grosses réparations	500 000 »
Réserves pour créances douteuses	100 000 »
Obligations 4 1/2 pour 100 à rembourser	10 989 »
Coupons d'obligations à payer	33 315,90
Coupons d'actions à payer	301 027,45
Effets, impôts, frais divers	2 930 311,48
Créditeurs divers	1 866 390,34
Profits et pertes	3 708 416,42
	24 815 034,05

Tréfileries et laminoirs du Havre.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE EXTRAORDINAIRE DU 31 MAI 1917.

L'Assemblée générale extraordinaire des actionnaires du 6 février dernier avait décidé de répartir entre les actionnaires une somme de 15 000 000 de francs, soit 50 fr par action contre remise du coupon n° 16 et de mettre en sous-

(1) Voir *R. G. E.* du 3 juin 1917, p. 875.

Digitized by Google

cription, simultanément avec cette répartition, 150 000 actions nouvelles de 100 fr. et mise au pair. L'Assemblée générale extraordinaire qui s'est réunie le 31 mai a approuvé la déclaration de souscription et le versement de ces 150 000 actions nouvelles. Elle a déclaré en conséquence que le capital social était augmenté de 15 000 000 de francs et porté à 45 000 000, et elle a modifié les statuts en conséquence.

Le Conseil d'administration a été, en outre, autorisé jusqu'au 31 décembre 1921 à porter en une ou plusieurs fois le fonds social à 60 000 000 de francs.

Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston.

Assemblée générale ordinaire du 31 mai 1917.

Les résultats de l'exercice 1916 sont particulièrement satisfaisants : ainsi qu'il est dit plus loin, les bénéfices nets de cet exercice dépassent de 2 000 000 fr ceux de l'année précédente et de un million et demi celui de 1913, dernière année normale.

Ce résultat est dû au développement continu des organes de fabrication, d'entreprises et de ventes de la Compagnie.

Le montant des commandes reçues par la Compagnie a atteint presque le double de 1914 et 1915 et a dépassé de près de 50 pour 100 celui de 1913; au 31 décembre 1916, le carnet de commandes en comportait 39 millions en cours.

L'activité des usines a été particulièrement intense tant pour les fabrications de munitions et de matériel de guerre que pour celles du matériel électrique normal, la main-d'œuvre féminine a fourni un appoint considérable; de nouveaux ateliers ont été installés sur des terrains et dans des bâtiments pris en location ou acquis en partie ; les dépenses nécessitées par ces installations ne figurent pas sur les comptes d'immobilisations, étant donné le caractère précaire de l'occupation d'une partie de ces immeubles.

L'usine et le département de Télégraphie-Téléphonie ont réalisé une notable augmentation dans leur chiffre d'affaires. En vue de la reconstitution des réseaux téléphoniques dans les régions envahies, la Société se prépare à prendre part aux travaux considérables qui seront nécessaires pour réparer les dévastations.

La nouvelle usine des Favorites devra être agrandie, un bâtiment de sept étages doublera sa superficie. A l'usine de Vaugirard l'outillage a été augmenté. A l'usine de Neuilly les halls ont été prolongés, un autre est en construction, après ces travaux la surface de l'usine se trouvera augmentée de 75 pour 100 par rapport à celle de 1914.

Les dernières nouvelles parvenues de l'usine de Lesquin ne permettent pas d'espérer que la fabrication puisse y être reprise avant longtemps; pour assurer les grosses fabrications qui étaient faites dans cette usine, la Société consacrera une partie de l'usine de Vaugirard à la construction du matériel de puissance élevée, c'est pourquoi elle a acquis dès maintenant une partie des terrains occupés par la principale des usines de munitions.

Le rapport donne ensuite quelques renseignements sur les diverses Sociétés dans lesquelles la Compagnie est intéressée.

La caractéristique des derniers exercices est l'augmentation constante des moyens de production. Le capital consacré depuis 1909 aux extensions des usines a été de 9 millions, soit 70 pour 100 du chiffre originaire des immobilisations, tandis que l'élément financier ne suivait pas la même progression, il n'a augmenté que de 4 millions soit environ 7 pour 100.

Le total de l'actif s'élève à 193 389 929 fr, en augmentation de 40 688 157 fr sur l'exercice 1915.

Les bénéfices nets se sont élevés à 6 816 222 fr, en augmentation de 2 000 000 fr sur ceux de 1915.

Le dividende distribué aux actionnaires est fixé à 10 fr, soit 35 fr par titre, revenant ainsi au taux de 7 pour 100 des exercices antérieurs à la guerre.

Le solde à reporter est de 206 503 fr.

Bilan au 31 décembre 1916.

Actif.

	fr
Apports	1 »
Frais de constitution et d'installation	1 »
Mobilier	1 »
Modèles, dessins industriels, études, brevets, etc.	1 »
Immeuble du siège social	2 023 846,57
Terrains des usines	3 426 309,87
Constructions et bâtiments des usines	6 621 148,40
Matériel et outillage	11 207 648,35
Matières premières	8 434 602,96
Matériel en magasin et chez divers	1 568 757,58
Travaux en cours	27 134 756,42
Titres en portefeuille	64 433 543,55
Participations	8 305 679,91
Rente française et bons de la Défense nationale	7 382 600 »
Caisse, banques et reports	3 684 470,96
Effets à recevoir	1 176 559,93
Dépôts et cautions	203 709,17
Débiteurs divers	37 608 386,68
Opérations de change à terme garanties	9 835 000 »
Comptes d'ordre	342 904,89
	193 389 929,24

Passif.

	fr
Capital	60 000 000 »
Obligations	57 059 127,83
Réserve statutaire	6 000 000 »
Réserve spéciale	15 000 000 »
Réserve d'amortissement des constructions, matériel et outillage	12 495 000 »
Réserve pour accidents du travail	231 289,38
Créditeurs divers	25 619 402,16
Coupons à payer et obligations à rembourser	1 918 968,69
Opérations de change à terme garanties	9 835 000 »
Comptes d'ordre	690 009,32
Profits et pertes	4 541 101,86
	193 389 929,24

Digitized by Google

SECTION DE LÉGISLATION

La réquisition des usines et la régie intéressée

DISCUSSION AU PARLEMENT (*suite*)

Notre collaborateur Paul Bougault continue aujourd'hui l'étude consacrée à la discussion à la Chambre de la loi dite Voilin-Mistral. Il s'occupe de la discussion des articles, et principalement des principes indiqués comme devant constituer la base du système de la régie intéressée.

III. Discussion des articles. — L'article premier du texte proposé à la Chambre donne une division très exacte des différents chapitres que contient la proposition de loi : il explique que le régime de droit commun va devenir celui de la régie intéressée, comportant le contrôle du ministre de la Guerre, de la Marine ou de l'Armement et des Fabrications de guerre, ainsi que le partage des bénéfices dans les conditions déterminées par les articles qui font suite. Ainsi l'État et l'industrie collaborent, le premier en surveillant le second et en partageant avec lui les bénéfices. Mais il tombe sous le sens que cela ne pourra se faire dans toutes les industries; aussi l'article limite-t-il de suite l'application de la loi aux établissements, usines et exploitations privés travaillant aux productions, fabrications et réparations exigées pour : le service des armées et de la flotte, les établissements dépendant des ministères de la Guerre, de la Marine, de l'Armement et des Fabrications de guerre et les approvisionnements des places de guerre, soit comme titulaires de marchés de fournitures, soit comme sous-traitants de ces fournitures. Tous ces établissements, usines, exploitations travaillant pour les services ci-dessus énumérés [1] seront soumis au contrôle; ceux qui auront consacré aux commandes desdits services plus du tiers de leurs chiffres d'affaires, depuis le 1er août 1914 jusqu'au 1er janvier 1917 ou depuis le 1er janvier 1917 jusqu'à la cessation des hostilités, seront soumis au partage des bénéfices [2].

Et, comme on pourrait s'étonner qu'une loi vint aujourd'hui déclarer obligatoire, pour une certaine catégorie d'industriels, le partage de leurs bénéfices avec l'État puisque, pour les mêmes périodes envisagées, la loi du 1er juillet 1916 sur les bénéfices de guerre a déjà imposé ce partage à tous les patentés qui ont réalisé un bénéfice supplémentaire, le rapporteur (*Journal officiel* du 22 février 1917) a précisé la différence : la loi sur les bénéfices de guerre, a-t-il dit, a pour but de frapper les personnes qui, pendant la guerre, ont réalisé un bénéfice au-dessus de leur bénéfice normal antérieur; « mais la nouvelle loi a pour but de viser, d'une manière particulière, celui qui, pour plus du tiers de ses affaires et quelquefois pour la totalité, n'exécute que des commandes de l'État, sur les plans fournis par l'État avec la main-d'œuvre mise par l'État à sa disposition, qui ne peut voir sa marchandise invendue s'entasser dans ses magasins, puisque tout est vendu d'avance ». La loi nouvelle, a-t-il encore ajouté, sera plus profitable à l'État que la loi ancienne puisque la loi sur les bénéfices exceptionnels de guerre ne frappe qu'un excédent de bénéfices, tandis que la loi nouvelle prend le bénéfice sans en rien soustraire pour le partager entre l'industriel et l'État. Quant à la période qui commencera à la promulgation de la loi et ne comprendra que les contrats postérieurs à sa promulgation, la nouvelle proposition commande d'imposer la régie intéressée par le moyen des contrats à intervenir.

La proposition comprend donc trois chapitres à l'égard des industries qui travaillent pour l'État et remplissent les conditions déterminées : le contrôle technique, le contrôle de la main-d'œuvre, la régie intéressée soit pour les contrats passés antérieurement à la loi, soit pour ceux qui interviendront après sa promulgation : et c'est le détail des divers chapitres que nous devons analyser en quelques lignes.

Contrôle technique. — Ce contrôle comprend la surveillance de l'exploitation technique, industrielle et

(1) M. Bedouce a fait remarquer, à la discussion de l'article 2 (*Journal officiel* du 1er mars 1917, p. 545), qu'il y aurait peut-être des marchés passés pour l'armée par le ministère du Ravitaillement et qu'il faudrait l'indiquer : le rapporteur a répondu qu'avec les perpétuels rattachements des services d'un ministère à un autre, il y aurait impossibilité de prévoir dans une loi tous les ministères intéressés et il a dit (*Journal officiel* du 6 mars 1917, p. 572) à M. Mauger qu'il ne pouvait être prévu ni envisagé aucune commande pour les services intéressés de quelque façon que ce soit, qui ne fût prévue dans la formule très large visant tous les fournisseurs de la Guerre ou de la Marine.

(2) Le premier texte exigeait la moitié, le tiers a été stipulé à la demande de M. Mistral, formulée à la séance du 6 mars 1917 (*Journal officiel* du 7 mars, p. 583). A la séance du 1er mars 1917 (*Journal officiel* du 2 mars, p. 566, col. 1), M. Lefebvre avait demandé que les mines fussent comprises dans la loi, mais son amendement a été repoussé à la demande M. Durafour, pour ne pas gêner le texte en préparation sur les mines.

Digitized by Google.

commerciale; il est exercé par les agents des forges ou des services techniques intéressés : mais il peut être remplacé à l'égard de certains établissements par une codirection : le pouvoir de ce codirecteur, nommé par le ministre, ne saurait être fixé par un texte général; il sera défini par l'arrêté ministériel de nomination, la proposition de loi se contentant (art. 3) de résoudre une question de principe : comme toutes les fois que deux personnes sont conjointement chargées d'une même fonction, il est nécessaire de prévoir un conflit entre elles, l'article 3 déclare que, si un désaccord existe entre l'exploitant et le codirecteur qui lui est adjoint, les instructions du représentant du pouvoir central seront d'abord exécutées; ensuite, il en sera référé à l'examen d'une Commission siégeant au ministère de la Guerre qui pourra proposer à la décision du ministre l'attribution d'une indemnité à l'industriel, au cas où les mesures ordonnées auraient entraîné une lésion grave de ces intérêts.

Enfin, les moyens de production ou la direction technique et commerciale, dit l'article 4, sont quelquefois insuffisants; dans ce cas, l'usine peut être réquisitionnée, totalement ou partiellement, soit au point de vue de la propriété complète, soit au point de vue d'un simple droit d'usage; et l'Etat pourra alors, soit par ses propres moyens, soit à l'aide d'une régie intéressée assurer l'exploitation de l'usine : c'est la réédition de l'article 58 ajouté à la loi du 3 juillet 1877 par la loi du 25 juillet 1911, mais avec quelques variantes; la première innovation est la suivante : alors que l'article primordial prévoyait seulement, sous le nom de réquisition, la prise de possession complète par l'État, la proposition nouvelle donne à celui-ci le droit de faire fonctionner l'usine réquisitionnée au moyen d'une régie intéressée (c'est-à-dire l'exploitant conservant la direction, mais partageant le bénéfice avec l'État) ou bien même en confiant à un tiers l'exploitation à des conditions déterminées par arrêté du ministère de la Guerre : comme l'a dit le ministre de l'Armement (*Journal officiel* du 7 mars 1917, p. 574, col. 2) l'application de la réquisition continue à être facultative comme sous le régime de la loi de 1877, mais elle est plus souple avec les nouvelles formules possibles (1).

Une seconde innovation consiste dans la possibilité de ne procéder qu'à un inventaire sommaire qui n'empêche pas la prise de possession immédiate, globale ou partielle, sans interrompre l'exploitation et, au contraire, en la laissant fonctionner. Notons enfin que, sur l'intervention du député Paul Laffont, un amendement a été admis pour permettre la réquisition en cas d'irrégularité constatée dans la fixation ou le paiement des salaires (2).

Cela nous amène tout naturellement au deuxième chapitre de la loi.

Contrôle de la main-d'œuvre. — Les principes adoptés par les articles 5, 6, 7 peuvent se résumer ainsi : les établissements visés par la proposition de loi doivent employer de préférence la main-d'œuvre civile disponible dans la région; à défaut, ils doivent faire appel par l'intermédiaire des administrations publiques, des

(1) Remarquons aussi que la réquisition qui ne pouvait se faire d'après les lois précédentes que lorsqu'il y aurait « insuffisance des moyens de production », peut maintenant avoir lieu pour insuffisance de direction technique, industrielle ou commerciale (voir les explications très intéressantes données par le ministre de l'Armement à la Chambre des députés (*Officiel* du 7 mars 1917, p. 574, col. 1 et par le rapporteur, même référence, col. 2). Un député ayant demandé ce que signifiait « insuffisance d'exploitation commerciale » et si, notamment, cela signifiait que l'usine ne faisant pas assez de bénéfices pourrait être réquisitionnée, le rapporteur a expliqué que les mots « direction commerciale » ne sont pas synonymes de réalisation de bénéfices : par exemple, l'insuffisance est constatée si l'achat des matières premières est inférieur aux nécessités de la production. C'est ainsi que, dans la région parisienne, un secteur électrique a été réquisitionné parce que sa direction commerciale n'avait pas été capable de l'approvisionner en charbon.

(2) M. Paul Laffont a soutenu son amendement à la séance du 6 mars 1917 (*Journal officiel* du 7 mars 1917, p. 574, col. 3). Il a rappelé que le décret du 10 août 1899 a admis que les cahiers des charges des marchés de travaux publics ou de fournitures passées au nom de l'Etat, par adjudication ou de gré à gré, doivent contenir des clauses par lesquelles l'entrepreneur s'engage à observer certaines conditions en ce qui concerne la main-d'œuvre de ces travaux ou fournitures dans les chantiers ou ateliers organisés ou fonctionnant en vue de l'exécution d'un marché : ces conditions sont notamment d'assurer aux ouvriers et employés un jour de repos par semaine; payer aux ouvriers un salaire normal égal pour chaque profession et, dans chaque profession, pour chaque catégorie d'ouvriers au taux couramment appliqué dans la ville ou la région où le travail est exécuté. Un autre article du même décret dit que la constatation ou la vérification du taux normal et courant des salaires sera faite par les soins de l'administration qui devra : se référer autant que possible aux accords entre les divers syndicats patronaux et ouvriers de la localité ou de la région : à défaut de cette entente, provoquer l'avis de commissions mixtes, composées en nombre égal de patrons et d'ouvriers et, en outre, se munir de tous renseignements utiles auprès des syndicats professionnels, etc... La sanction de l'inobservation par l'entrepreneur des rappels au règlement est fixée par l'article 4 qui déclare que le ministre peut, sans préjudice de l'application des sanctions habituelles prévues au cahier des charges, décider d'exclure l'entrepreneur des marchés de son département. Cette exclusion ne pouvant être conservée en temps de guerre, le député propose une sanction dans la réquisition : et c'est dans ce but qu'il a déposé son amendement, lequel a été admis par la Commission, le Gouvernement et la Chambre.

Le même député a encore rappelé que le décret du 17 janvier 1917, relatif au règlement des différends collectifs entre patrons et ouvriers libres de toute obligation militaire, dans les établissements, usines et exploitations privés travaillant à la fabrication des armements, munitions et matériel de guerre, avait donné des armes au gouvernement pour le cas où soit le patron, soit l'ouvrier, refuseraient de se conformer à la décision rendue par le tribunal arbitral créé par le décret. Seulement, il a reproché au gouvernement d'avoir limité cet effet à la seule région parisienne. C'est pourquoi, dit-il, il a voulu profiter de la loi nouvelle pour permettre, d'une manière générale, la réquisition de l'usine en cas d'irrégularité constatée dans la fixation ou le paiement des salaires. Cela semble indiquer que cet article n'aura d'effet que si le décret du 10 août 1899 n'est pas observé pour la fixation des salaires et si le décret du 17 janvier 1917 n'est pas observé dans le cas d'un différend d'ordre collectif portant sur les conditions du travail.

Digitized by Google

bureaux de placement municipaux et départementaux à la main-d'œuvre disponible des autres régions, à celle appelée des colonies ou des pays alliés ou amis. En cas d'insuffisance, le ministre de la Guerre ou de la Marine ou de l'Armement et des Fabrications de guerre est autorisé à affecter à ces établissements les hommes des classes mobilisables et mobilisées dans les conditions prévues par l'article 6 de la loi du 17 août 1915 dite loi Dalbiez. Les hommes des classes mobilisables et mobilisées ainsi affectés relèvent de l'autorité militaire et sont à la disposition du ministre de la Guerre ou de la Marine ou de l'Armement et des Fabrications de guerre qui décide de leur affectation aux divers établissements qu'ils ne peuvent quitter que par une mutation régulière, en cas de permission émanant de l'autorité militaire ou de maladie dûment constatée.

Ils sont pourvus d'un titre annexé à leur livret militaire.

Pour tout ce qui concerne leur travail industriel, ils sont exclusivement soumis à la discipline de l'atelier telle qu'elle est fixée par les règlements ordinaires et assurée par les sanctions propres de ces règlements.

Dans toutes les autres circonstances, ils relèvent disciplinairement de l'autorité militaire.

Cet article 6 que nous venons de résumer est certainement celui qui, de tous les articles de la proposition, a soulevé le plus grand nombre de demandes d'explications adressées au ministre des Armements. M. Nectoux a tout d'abord dépeint la situation de l'ouvrier détaché dans une usine et dépendant d'un contremaître qui, au nom du patron, lui donne perpétuellement l'ordre d'aller vite en besogne au risque même de ne pas faire du très bon travail; à côté de ce contremaître, il y a le contrôleur de la main-d'œuvre militaire qui doit s'assurer seulement de la présence matérielle de l'ouvrier à l'usine. Enfin, à côté de ces deux supérieurs, il y en a un troisième, le contrôleur de l'inspection des forges qui est chargé de réceptionner le travail exécuté; or, d'après M. Nectoux, il y aurait de la part de chaque membre de ce triple contrôle des demandes de renvoi de l'ouvrier au front.

Le ministre de l'Armement a répondu que les nécessités du travail et du bon rendement industriel l'avaient amené à replacer des mobilisés au milieu des autres travailleurs payés au salaire normal, et, par conséquent, on a dû leur appliquer, comme aux autres travailleurs, la politique des salaires suivie depuis le début de la guerre, par exemple consistant à donner des primes ou des augmentations.

Mais l'ouvrier ainsi replacé dans des conditions industrielles n'en doit pas moins rester un soldat, soumis dans ses relations à l'autorité militaire, à la discipline militaire; cela ne veut pas dire que le patron puisse exercer sur l'ouvrier une pression au nom de l'autorité militaire; et le ministre a affirmé que, à part quelques exceptions négligeables, si dans les objets réceptionnés quelque malfaçon industrielle était relevée, elle devait être sanctionnée selon les règles et les méthodes de l'industrie; il serait inadmissible, dit-il, qu'il y eût des peines militaires pour une faute de métier, une erreur dans le travail industriel. Par contre, il appartient au contrôleur de la main-d'œuvre militaire de veiller à la discipline de l'ouvrier militaire pour tout ce qui ne concerne pas le rendement industriel; pour des absences irrégulières, pour des manques d'obéissance et de respect à l'égard de tel ou tel officier du contrôle. (Voir « Officiel » du 7 mars, p. 578, col. 1.) Sans doute, a encore dit le ministre (p. 579), au moment où l'on cherche pièce par pièce, canon par canon, à accumuler au moyen de fabrications difficiles ce qui est indispensable à l'armée, peut-on vraiment dire qu'il n'y a pas aussi faute militaire quand un canon par exemple aura été loupé, soit par négligence d'un ouvrier, soit par manque de surveillance et par exemple dans le cas où l'ouvrier s'est endormi ? De même encore n'y aura-t-il pas faute militaire lorsque tel ouvrier sollicité de faire certain travail qui ne lui convient pas, au lieu de dire au contremaître comme en temps de paix : « Vous m'embêtez! je ne ferai pas ce travail », dira au contrôleur de la main-d'œuvre qui est officier et qui insiste, « qu'il refuse d'obéir et persiste dans son abstention » ? Le ministre de l'Armement conclut que son service examine avec le plus grand soin, chaque fois qu'un cas lui est particulièrement soumis, la question toujours délicate, qui ne peut être résolue qu'en fait, de savoir si l'on se trouve en présence d'une faute simplement industrielle ou de métier ou, au contraire, d'un manquement à la discipline militaire.

Partage des bénéfices. Régie intéressée. — Nous arrivons maintenant à la partie la plus neuve et la plus difficile à résumer de la proposition de loi. Comme nous l'avons déjà indiqué, dans les articles 8, 9, 10 et suivants elle a pour but d'imposer une contribution spéciale à ceux qui auront consacré plus du tiers de leur chiffre total d'affaires depuis le 1er août 1914 à des marchés de fournitures, traités ou sous-traités avec le ministère de la Guerre. Comment cette contribution sera-t-elle établie? C'est l'article 9, fort long et qui, dans l'intérêt de la clarté, aurait gagné à être divisé en plusieurs articles, qui va nous l'apprendre.

La durée de la guerre est partagée en deux séries : la première, allant du 1er août 1914 au 1er janvier 1917 et la seconde du 1er janvier 1917 à la cessation des hostilités; la première sera de beaucoup la plus riche en contrats dont il faudra apprécier les bénéfices, au moyen des bilans; car, à partir de la promulgation de la loi, tout marché dépassant 200 000 fr devra obligatoirement contenir une clause imposant le partage des bénéfices à provenir de ce marché, ce qui simplifiera les calculs.

Pour la période allant du 1er août 1914 au 1er janvier 1917, l'industriel assujetti établira son bilan, et, comme dans l'établissement d'un bilan, ce qu'il y a de plus délicat, c'est incontestablement la question des amortissements, l'article 9 la règle de la façon suivante :

1° Pour le bâtiment et le matériel préexistants, l'amortissement sera déterminé par les règles adoptées pour les bilans antérieurs;

2° Pour les installations établies en vue de l'exécu-

Digitized by Google

tion des marchés passés avec l'État, et non susceptibles d'être utilisées par l'industriel après la guerre, l'amortissement pourra être intégral, mais à la condition que l'État puisse reprendre les installations moyennant indemnité, s'il y a lieu : le ministre en fixera le chiffre après avoir pris l'avis des commissions compétentes;

3° Pour les installations qui, bien que créées en vue des marchés à passer avec l'État, seraient susceptibles dans l'avenir d'être utilisées par l'industriel, l'amortissement se fera sur les bases suivantes :

a) Comme pendant la période de guerre, toute installation coûte plus cher qu'en temps de paix, l'amortissement intégral sera fait pour tout le supplément de prix qui aura été la conséquence de l'état de guerre.

b) Pour le surplus, l'amortissement sera fait en tenant compte du temps écoulé depuis l'engagement effectif de la dépense; chaque année correspondra à une fraction de l'amortissement total; cette fraction sera déterminée par le ministre, mais elle ne pourra dépasser ni le cinquième de l'amortissement total, ni le dixième, ce qui revient à dire que l'amortissement ne pourra être effectué ni plus rapidement qu'en cinq ans ni plus lentement qu'en dix ans (1).

Enfin, il peut arriver que l'industriel, sans faire une installation absolument nouvelle pour l'exécution des marchés de guerre, ait seulement adapté pour cette exécution une partie d'un établissement qui n'y était pas encore consacrée; dans ce cas, il lui est alloué un amortissement de 10 pour 100 des dépenses qu'il a faites.

Toute cette partie n'a soulevé aucune difficulté : le rapporteur y a trouvé seulement l'occasion de faire l'éloge de son texte, qui, dit-il, est beaucoup plus précis que la loi sur la contribution extraordinaire de guerre, parce qu'il classe les amortissements en divers compartiments en indiquant comment, pour chaque article, il convient de les passer en écritures.

Mais il n'en a pas été de même d'une autre partie de l'article 9 qui, au point de vue des amortissements, avait pour but de mettre sur le même pied les dépenses faites par l'industriel pour des installations de guerre, et les sommes qu'il aurait employées en investissements créés pour le même objet. Le paragraphe était ainsi conçu : « Le même amortissement (alinéa *a* et *b* du paragraphe 3) sera applicable aux sommes employées en investissements destinés aux mêmes objets que ceux indiqués dans le paragraphe 3 (2) »

Le rapporteur et le ministre de l'Armement (*Journal officiel* du 7 mars, p. 585) ont expliqué à la Chambre le but de cet alinéa et essayé de démontrer qu'il ne faisait pas double emploi avec l'alinéa précédent; il existe, ont-ils dit, deux situations bien différentes à envisager : la première, sur laquelle il n'y a aucune difficulté, est celle de l'industriel, du métallurgiste par exemple qui, chez lui, crée une installation : il y a ensuite celle du même industriel qui, dans une industrie située à côté, mais toutefois absolument indépendante de la sienne, installe une cokerie, toujours pour le même motif : obtenir du coke pour faire du métal destiné aux armements qu'il fabrique; l'entreprise dans laquelle l'industriel fait cette installation est elle-même étrangère à la guerre, elle n'a ni traité direct, ni même de sous-traité, par conséquent il faut que l'amortissement puisse être fait par la société première qui, chez la seconde, a fait l'installation de la cokerie précitée (*Journal officiel* du 7 mars 1917, p. 584 et 585).

M. Ernest Lafont a protesté contre ce système, d'abord parce qu'il encouragerait, dit-il, les industriels à beaucoup construire, à faire énormément d'installations. Lorsque le ministre de l'Armement lui eut répondu que cette éventualité vaudrait mieux pour le bien public et pour le bien-être des salariés que le placement des capitaux à l'étranger, il a insisté plus particulièrement sur un autre point de vue. L'argent prêté à une autre entreprise pour l'installation précitée va prendre corps sous la forme d'un outillage qui, lui aussi, sera amorti dans l'autre Société; il y aura alors deux amortissements : l'amortissement en écritures de la somme portée au bilan du premier industriel et l'amortissement des installations qui figurera à l'établissement du second. Il y aura donc, dit ce député, double amortissement pour une même chose. Malgré les dénégations du rapporteur et du ministre de l'Armement, il semble bien que la clarté n'ait jamais été faite : toutefois, un amendement a été voté qui assujettit aux obligations contenues dans les articles 8, 9, 10 — c'est-à-dire au partage des bénéfices — les entreprises dans lesquelles les capitaux auront été investis, en ce qui concerne le bénéfice net produit par lesdits capitaux.

Voilà certes un enchevêtrement qui n'est pas fait pour simplifier le texte.

Mais, afin de ne pas perdre le fil directeur, dans l'étude de l'article 9, disons, pour résumer et sans nous appesantir outre mesure sur la difficulté de l'amortissement des capitaux investis, que les installations faites dans l'usine seront amorties, suivant les usages de la maison, si elles sont étrangères aux fabrications de guerre; totalement, si elles ne sont utiles que pour la guerre; partiellement et suivant des fractions à déterminer, pour tout ce qui peut avoir conservé une valeur après la guerre.

Lorsque toutes ces déductions sont opérées, le surplus du bénéfice net constitue la partie soumise à la contribution de guerre, et c'est l'article 10 qui précise quelle sera cette contribution.

Le principe de l'article 10 est le suivant : il y a une part qui est expressément réservée à l'industriel, c'est-à-dire au-dessous de laquelle l'État ne peut prétendre à aucun partage : c'est le minimum qui a été fixé pour la contribution extraordinaire de guerre par l'article 5 (alinéa 6) de la loi du 1er juillet 1916, savoir : le 6 pour 100 des capitaux engagés dans l'entreprise ou,

(1) C'est ce qu'a dit le rapporteur (*Journal officiel* du 7 mars 1917, p. 583, col. 3, in fine).

(2) Il ne faut pas confondre le capital investi dans une autre société par un industriel et le sous-traité qu'il aurait consenti à une autre entreprise à laquelle il aurait passé en réalité son marché. En ce qui concerne les sous-traitants, voir l'article 2 (*Journal officiel* du 5 avril 1917, p. 1088).

Digitized by Google

s'il n'y a pas de capitaux, la somme de 5 000 fr. D'autre part, l'État est assuré de garder toujours ce qui doit lui être acquis d'après la loi sur la contribution de guerre.

Cette double réserve étant faite, la contribution est fixée à 50 pour 100 du bénéfice quand ce bénéfice est inférieur à 25 pour 100 du chiffre total d'affaires dans la période considérée ; à 60 pour 100 de la part de ce bénéfice quand il est compris entre 25 et 50 pour 100 ; à 75 pour 100 quand il est supérieur à 50 pour 100. Il a été expliqué par le rapporteur et par M. Mistral (auteur d'un amendement incorporé dans l'article 10 *Journal officiel* du 5 avril 1917, p. 1087) que l'on veut atteindre une progression fixée d'après le chiffre d'affaires et non pas d'après le capital engagé : les paroles même du rapporteur M. Voilin, sur ce point, sont à citer : « Prendre le capital, a-t-il dit (p. 1087), présente d'assez grosses difficultés. La première est de savoir quel est le capital réellement engagé. Certes, pour la loi sur les bénéfices exceptionnels de guerre, l'administration des finances devra voir quel est le capital de l'entreprise, tout au moins pour fixer le minimum de 6 pour 100 garanti aux contribuables, on peut cependant prévoir de grosses difficultés pour reconnaître le capital réellement engagé et rémunéré dans l'entreprise.

« D'abord, ce capital peut varier suivant le genre de production ; il sera important dans une fabrication, très faible dans une autre ; il pourra même être différent d'un établissement à un autre travaillant à la même production ; suivant l'initiative, suivant la valeur de la direction technique et commerciale, le capital engagé pourra être plus ou moins réduit. Donc on frapperait l'industriel, non pas suivant ses capacités et son initiative, mais suivant le capital engagé. Voici, d'autre part, un extrait d'un journal financier que je tiens à citer, parce qu'il témoigne combien il est difficile quelquefois, même dans les bilans, de retrouver le capital réellement engagé.

» Ainsi qu'on le voit, cette nouvelle loi ne tient pas compte des capitaux à rémunérer que certaines Sociétés avaient enflés fictivement en créant de nouvelles actions représentatives de leurs réserves.

» C'est parce qu'il est trop facile à certaines Sociétés anonymes de faire apparaître un capital considérable en mettant leurs réserves anciennes en actions ou en augmentant ce capital par des amortissements excessifs que nous préférons beaucoup prendre comme base de l'imposition le chiffre d'affaires : ce sera préférable aussi, parce que de cette manière nous aurons la même base d'imposition à l'article 10 qu'à l'article 13. Nous vous demandons donc cette première modification contenue à l'amendement de M. Mistral de prendre comme base d'imposition non le capital engagé dans l'entreprise, mais le chiffre d'affaires. »

Contrats futurs. — Le régime des contrats futurs, c'est-à-dire de ceux qui seront passés après la promulgation de la loi est donné par l'article 13, tout marché avec l'État supérieur à 200 000 fr, et toute série de marché, dont le total dépassera dans le même semestre ladite somme, comportera une clause imposant le partage de la partie du bénéfice qui sera supérieur à 6 pour 100 du montant du marché : cette répartition du bénéfice sera faite par moitié entre l'État et le fournisseur pour la part du bénéfice comprise entre 6 pour 100 et 25 pour 100 du montant du marché ; à raison de 60 pour 100 pour l'État pour la part du bénéfice comprise entre 25 et 50 pour 100 ; à raison de 75 pour 100 pour l'État et de 25 pour 100 pour le fournisseur pour la part du bénéfice supérieur à 50 pour 100.

Mais s'il est facile de partager suivant une proportion déterminée un bénéfice nettement établi, il est plus difficile de l'établir.

L'article 13 donne les règles de cet établissement : on prendra le chiffre du règlement total du marché, dont on soustraira ce qu'il a coûté comme matériaux et main-d'œuvre, la part des frais généraux et des amortissements tant habituels qu'exceptionnels, reconnus imputables à ce marché et calculés d'après l'article 9. Le reste de la soustraction donnera le bénéfice net.

Seulement, dans la pratique, les installations servent soit simultanément soit successivement à l'exécution de plusieurs marchés ; il y aura lieu de ventiler les amortissements proportionnellement à ces marchés ; et non seulement ces installations servent à des marchés prévus à la loi, mais à l'ensemble des opérations de l'entreprise ; il y aura alors attribution aux marchés passés avec l'État d'un amortissement proportionnel au montant de ces marchés.

Quelles seront les autorités chargées d'examiner les déclarations des industriels ? La loi a conservé la procédure instituée par la loi sur les bénéfices de guerre et les commissions imposées conformément à ce dernier texte continueront à fonctionner.

Enfin, à la demande du ministre des Finances, un article formel qui porte le numéro 16 a déclaré que, bien qu'assujettis à cette loi nouvelle, les titulaires des marchés qui y sont visés n'en resteront pas moins assujettis à la loi initiale dite de la contribution spéciale de guerre. Le montant de cette contribution — s'il est inférieur à ce qui devra être payé d'après la loi nouvelle — sera précompté. De plus, la contribution étant une charge de l'industrie sera déduite pour la part correspondante du bénéfice net de chaque marché, avant le calcul du bénéfice net à partager.

La discussion des articles de la loi a été close sur cet article : divers articles additionnels furent déposés ayant pour but de déclarer qu'au fur et à mesure que les usines travaillant actuellement pour la guerre ne seraient plus utilisées pour la production du matériel de guerre, elles seraient affectées sous le régime de la régie intéressée, sous la surveillance de l'État, à la reconstitution des régions envahies, à la fabrication de l'outillage industriel et agricole.

Mais ces articles ont été disjoints comme ne rentrant pas dans le cadre de la loi.

Paul Bougault,
Avocat à la Cour d'appel de Lyon.

Digitized by Google

Législation, jurisprudence, réglementation

Décret relatif aux attributions du sous-secrétaire d'Etat des transports.

Le « Journal officiel » du 10 mai 1917 publie, p. 3717, le décret présidentiel suivant pris en date du 9 mai 1917 :

ARTICLE PREMIER. — Pour assurer l'exécution des services qu'il dirige au nom et par délégation permanente du ministre des Travaux publics, le sous-secrétaire d'Etat des transports reçoit délégation des attributions confiées à l'autorité militaire, pour le service des chemins de fer et l'exploitation des voies navigables par les articles 22, 23 et 24 de la loi du 28 décembre 1888 et par l'article 56 de la loi du 3 juillet 1877, modifié par la loi du 27 mars 1906. Il est chargé de tout ce qui concerne le service des transports militaires, l'utilisation militaire, pour les besoins de l'armée, des chemins de fer, ports, voies navigables de toute nature, réseaux routiers, dans la zone des armées et dans la zone de l'intérieur. Il est aussi chargé de l'exécution des travaux neufs et travaux d'entretien nécessaires pour le maintien ou le rétablissement de la circulation.

ART. 2. — Les transports de troupes et de matériel de combat, ainsi que les transports d'évacuation des blessés, les ravitaillements en vivres et en munitions, préparés et ordonnés par l'autorité militaire, ont la priorité sur tous les autres transports et sont exécutés par les soins du sous-secrétaire d'Etat, dans les délais fixés.

ART. 3. — Tout le personnel civil et militaire affecté au service des transports est placé sous l'autorité directe du sous-secrétaire d'Etat des transports.

Ce personnel comprend notamment : dans la zone des armées, un officier général ou supérieur qui prend le titre de directeur des transports militaires dans la zone des armées, et qui reçoit une délégation permanente du sous-secrétaire d'Etat, pour exécuter, suivant les ordres du général commandant en chef les armées du Nord et de l'Est, les transports prévus à l'article 2; dans la zone de l'intérieur, un officier général ou supérieur, qui prend le titre de directeur des transports militaires de la zone de l'intérieur et qui reçoit une délégation permanente du sous-secrétaire d'Etat pour exécuter, suivant les ordres du chef de l'état-major général de l'armée, les transports prévus à l'article 2.

ART. 4. — La nomination, l'avancement, les distinctions honorifiques du personnel militaire du service des transports sont accordés par le ministre de la Guerre, après avis du sous-secrétaire d'Etat des transports.

ART. 5. — Le sous-secrétaire d'Etat des transports a, par délégation du ministre de la Guerre, l'administration de tous les crédits inscrits au budget du ministère de la Guerre, pour pourvoir à toutes les dépenses du service des transports définies à l'article premier ci-dessus.

ART. 6. — Le sous-secrétaire d'Etat des transports a la délégation permanente de la signature du ministre de la Guerre, soit pour les ordonnances directes de paiement, soit pour les ordonnances portant ouverture de crédit aux ordonnateurs secondaires, en ce qui concerne les dépenses des services susmentionnés.

ART. 7. — Le décret susvisé du 31 décembre 1916 est abrogé.

ART. 8. — Les ministres de la Guerre, des Finances, des Travaux publics et des Transports sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret.

Décret réorganisant les services des Postes et des Télégraphes du boulevard Brune et le service de la télégraphie sans fil.

Le « Journal officiel » du 25 mai 1917 publie, p. 4151, le décret présidentiel suivant pris en date du 22 mai 1917 :

ARTICLE PREMIER. — Sont transformés :

1° En emploi de directeur de 3e classe (traitement, 8000-9000), l'emploi d'ingénieur en chef de 1re classe (traitement, 11000-12000), chargé de la direction du service de la vérification du matériel, du dépôt central et de l'agence comptable des timbres-poste;

2° En emploi d'ingénieur en chef de 1re classe (traitement : 11000-12000) l'emploi d'ingénieur en chef de 2e classe (traitement : 9000-10000-11000) chargé de la direction du service de la télégraphie sans fil.

ART. 2. — Le service de la vérification du matériel est rattaché au service des ateliers de construction et de réparation du matériel postal et électrique et de l'atelier de fabrication des timbres-poste.

ART. 3. — L'ingénieur en chef de 1re classe chargé du service de la vérification du matériel, des ateliers de construction du matériel postal et électrique et de l'atelier de fabrication des timbres-poste : le directeur du dépôt central et de l'agence comptable du matériel et des timbres-poste, et l'ingénieur en chef de 1re classe chargé du service de la télégraphie sans fil, sont ordonnateurs secondaires des dépenses imputées sur les crédits qui leur sont respectivement délégués.

ART. 4. — Un arrêté ministériel fixera l'effectif des fonctionnaires, agents, sous-agents et ouvriers à transférer de l'ancien service de la vérification du matériel, du dépôt central et de l'agence comptable des timbres-poste, au service de la vérification du matériel des ateliers de construction du matériel postal et électrique et de l'atelier de fabrication des timbres-poste.

ART. 5. — Toutes dispositions contraires au présent décret sont et demeurent abrogées.

ART. 6. — Le ministre du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes et le ministre des Finances sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret qui entrera en vigueur à partir du 1er juin 1917.

Arrêté relatif aux autorisations d'importation et à la vente en France des marchandises comprises dans la liste n° 3 de l'arrêté du 13 avril 1917.

Nous avons déjà signalé dans la « R. G. E. » du 12 mai 1917, p. 759, les décrets relatifs aux marchandises comprises dans la liste n° 3, de l'arrêté du 13 avril 1917. Le « Journal officiel » du 9 mai 1917 publie, p. 3695, l'arrêté suivant pris par le ministre de l'Armement et des Fabrications de guerre et le ministre du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes, et relatif à la même liste n° 3.

ARTICLE PREMIER. — La délivrance des autorisations d'importation, ainsi que la vente en France des marchandises comprises dans la liste n° 3, de l'arrêté du 13 avril 1917, sont soumises aux règles générales ci-après :

ART. 2. — Pourront seuls obtenir les autorisations d'importation prévues à l'arrêté interministériel du 14 avril 1917 :

a) Les sociétés ou industriels qui, sous le contrôle des services intéressés, consomment ou emploient les marchandises faisant l'objet de ces autorisations.

b Les commerçants qui, soit par eux-mêmes, soit par les groupements dont ils font partie, adhèrent aux mesures de contrôle du ministère du Commerce. Par commerçants, il faut entendre :

En ce qui concerne le commerce de l'outillage et des machines-outils, ceux qui ont été dûment autorisés à exercer ce commerce par l'instruction ministérielle, parue au « Journal officiel » du 13 janvier 1916, en application du décret du 13 décembre 1915.

En ce qui concerne le commerce de tous autres articles, les commerçants ayant un magasin et établis en France avant la guerre.

Aucune autorisation ne peut être établie au nom de courtiers, commissionnaires ou représentants, ceux-ci pouvant toutefois être désignés comme intermédiaires ou transitaires.

Les autorisations d'importation sont propriété personnelle des seules sociétés, industriels ou commerçants au nom de qui elles ont été établies; elles ne peuvent faire l'objet d'aucune cession; elles indiquent à quel emploi sont destinées les marchandises.

ART. 3. — Les producteurs ne peuvent vendre qu'aux commerçants et aux consommateurs; les commerçants sont tenus de ne traiter qu'avec les consommateurs ou entre eux.

Les producteurs et les commerçants ne peuvent vendre à aucun intermédiaire; toutes les ventes sont subordonnées à l'autorisation des services intéressés.

ART. 4. — Tout contrevenant aux prescriptions qui précèdent pourra, par décision de la commission des bois et métaux, être privé de toute autorisation d'importation ultérieure.

ART. 5. — Des mesures étant prises pour faciliter l'approvisionnement des commerçants, les services intéressés orienteront vers ceux-ci les consommateurs pour toute commande de faible ou moyenne importance, qui, remise directement aux producteurs, gênerait la fabrication, compliquerait les importations et diminuerait les rendements.

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

1re Année. — Tome I. — N° 25. — 23 Juin 1917.

Chronique. — L'état actuel de la technique des lampes à incandescence. — Congrès général du Génie civil, 6e section. — Société française de Physique. — « L'Information d'Extrême-Orient », p. 961 et 962.

Section scientifique et technique. — Sur le diagramme de fonctionnement des moteurs à répulsion, par L.-C. Barbillion, p. 963. — Les lampes à incandescence *(fin)*, par A. Boutaric, p. 972. — Revues, analyses et informations : Protection des points neutres de transformateurs contre les ondes instantanées destructives, p. 980.

Section industrielle. — Le relief de charge du Sud-Electrique, par Max Dubois, p. 981. — Des cas de surtensions qui ne devraient pas se présenter, par Paul J.-A. Torche, p. 984. — L'exploitation au moyen de locomotives électriques sur le Chicago, Milwaukee and Saint-Paul Railway, par P. S., p. 986. — Revue, analyses et informations : Les appareils de chauffage électrique, p. 990; L'Industrie électrique en Allemagne, par F. Loppé, p. 993; l'Equipement électrique des machines à papier, p. 995; Douille de lampe à incandescence, p. 996.

Section économique et financière. — Assemblées générales : Société d'exploitation des appareils Rateau, p. 997; Société hydro-électrique de Lyon, p. 997; Compagnie des Tramways électriques de Limoges, p. 998. — Revues, analyses et informations: La production et l'exportation du charbon en Angleterre, p. 998.

Section de législation. — Sur la nécessité de modifier les articles 419 et 420 du Code pénal, p. 999. — Législation, jurisprudence, réglementation : Décret et arrêté modifiant la composition du Conseil d'administration au Conservatoire national des Arts et Métiers, et de la Commission technique du Labotatoire d'essais de cet établissement et nommant des membres de ce Conseil d'administration et de cette Commission technique, p. 1 000.

L'état actuel de la technique des lampes à incandescence. — Lorsque la fondation de la « Revue générale de l'Électricité » eut été formellement décidée, notre premier soin fut de demander aux anciens collaborateurs de « La Revue électrique » et de « La Lumière électrique » de bien vouloir inaugurer leur collaboration à la nouvelle Revue pour la mise au point des questions qui leur sont plus particulièrement familières.

Il paraissait, en effet, nécessaire au Comité de Rédaction qu'avant de faire connaître de semaine en semaine les progrès des nombreuses divisions de la science électrique et de ses applications, il convenait de rappeler brièvement l'état actuel de nos connaissances dans chacune de ces divisions, en d'autres termes, de faire un inventaire méthodique de nos connaissances en électricité.

C'est dans cet esprit que nous avons prié M. Brillouin de nous faire connaître « l'état actuel des théories électriques », M. D. Berthelot de nous exposer « la théorie des quanta », M. P. Weiss, celle du « magnéton », M. Boutaric, l'état actuel de « la technique des lampes à incandescence », M. L. Jumau celui de « la technique des accumulateurs », M. H. Armagnat, celui de « la construction et de l'emploi des instruments de mesure », etc...

Quelques articles ont déjà paru, concernant les trois premiers sujets ; quelques manuscrits, qui paraîtront incessamment, nous ont été adressés sur les « accumulateurs » et sur les « instruments de mesure » ; d'autres études nous sont promises, et, si elles n'ont pas reçu encore un commencement d'exécution, l'unique raison est que les besoins immédiats de la Défense nationale s'y sont jusqu'ici opposés.

Dans le numéro de ce jour nous publions, pages 972 à 979, la troisième et dernière partie de l'article que M. Boutaric, malgré qu'il soit mobilisé, est parvenu à écrire sur les récents progrès des « lampes à incandescence ». Comme on le verra par sa lecture, M. Boutaric, sans insister outre mesure sur chacun de ces progrès, a cherché à n'en oublier aucune de quelque importance. Il nous semble, dès lors, que M. Boutaric a parfaitement répondu à l'attente du Comité de Rédaction. Et, si nous faisons cette remarque, que nous espérons voir ratifier par nos lecteurs, au sujet de cette première publication complète d'une étude d'ensemble sur les progrès d'une branche des applications de l'électricité, c'est que nous voudrions inciter nos lecteurs à nous présenter des études du même genre sur les nombreuses autres branches des applications de l'électricité.

Une autre remarque s'impose d'ailleurs, au sujet de cette étude d'électricité appliquée : c'est le lien intime qui existe en électrotechnique entre la théorie et la pra-

Digitized by Google

tique. Il n'y a, en effet, qu'à se reporter à la première partie de cette étude, celle publiée dans le numéro du 2 juin, p. 848-852, pour constater l'influence prépondérante qu'ont eue les recherches de laboratoire sur les progrès des lampes à incandescence pendant ces dernières années.

La plupart de ces recherches théoriques ont été exécutées aux États-Unis : c'est, en effet, dans les périodiques américains et dans les publications du Bureau of Standards qu'on trouve la majeure partie des travaux rappelés par M. Boutaric. Beaucoup de ces travaux ont été analysés dans les derniers volumes de « La Revue électrique », et il suffit de lire ces analyses pour se convaincre que, si les recherches sont exécutées suivant la méthode purement scientifique, elles n'en ont pas moins un objectif pratique. C'est ainsi que les beaux travaux de Langmuir sur le pouvoir émissif du tungstène ont abouti à la création de la lampe « demi-watt », du tube Coolidge à rayons X, du « pliotron » pour le redressement des courants alternatifs. C'est ainsi encore que les travaux essentiellement théoriques de Yves, Karrer, Coblentz, Nutting et Kingsburry ont rénové la photométrie, en substituant à la photométrie visuelle la photométrie physique, en remplaçant l'œil par un instrument dont la sensibilité ne dépend ni de la couleur, ni de l'intensité, ni de la nature des sources à comparer ; ils ont dû pour cela élucider nombre de questions délicates : courbes de sensibilité rétinienne, confection de filtres ou écrans dont la transparence spectrale donne une courbe comparable à la précédente, etc. ; ils en ont conclu la valeur de l'équivalent lumineux de la puissance mécanique, et ont trouvé, avec une très grande précision, croyons-nous, que 1 w correspond à 690 lumens ou 55 bougies internationales.

N'oublions pas toutefois que, si nous devons aux Américains les principaux travaux qui ont contribué aux progrès récents de l'éclairage par l'incandescence électrique, eux-mêmes sont redevables des premières données des problèmes qu'ils ont résolus à des Français : MM. Blondel, Buisson, Fabry, Féry, Violle, etc., qui, avec des ressources infiniment plus modestes, sont cependant parvenus à élucider bien des questions relatives à l'éclairage. Et cette constatation montre que si, comme le rappelait récemment M. Jean Rey, l'industrie électrique est, parmi les industries françaises, celle qui a les liens les plus intimes avec la science, il convient néanmoins de resserrer encore ces liens en donnant à nos savants les moyens puissants qu'envisage M. Le Chatelier dans son projet de création d'un grand Laboratoire national. Nos nouveaux alliés ne prendront pas ombrage de cette importation de leurs moyens d'étude : leur geste récent en est le sûr garant.

Congrès général du Génie civil, 6e section. — Ainsi qu'il a été dit dans une précédente note (9 juin, p. 882) la sixième section est celle de l'Électricité industrielle.

Cette section s'est réunie le lundi 11 juin, sous la présidence de M. Dumont, en vue de se constituer définitivement et d'organiser ses travaux.

A la suite d'une discussion à laquelle ont pris part MM. A. Bochet, Jean Rey, E. Girardeau, L. Roche-Grandjean, Ch. Mildé, H. de la Valette, etc., il a été décidé que la section devait se borner à l'étude des questions qui ont à l'heure actuelle le maximum d'intérêt pour l'industrie électrique et dont la solution pourrait être avancée par des mesures législatives judicieuses.

Parmi ces questions, quatre ont été retenues ; un rapporteur a été nommé pour chacune d'elles. Ce sont :

1° Utilisation des forces motrices naturelles pour la production de l'énergie électrique : rapporteur, M. Jean Rey ;

2° Amélioration des moyens de transports : rapporteur, M. de France ;

3° Amélioration des moyens de communications télégraphiques et téléphoniques : rapporteur, M. E. Girardeau ;

4° Approvisionnement et répartition des matières premières nécessaires à l'industrie électrique : rapporteur, M. L. Roche-Grandjean.

Il a été ensuite procédé à l'élection du bureau de la section. Ont été nommés : président, M. J. Rey ; vice-présidents, MM. Girardeau et Mildé ; secrétaire, M. Roche-Grandjean.

Société française de Physique. — A la séance de la Société française de Physique du 15 juin 1917, M. B. Chauveau fit une très intéressante communication sur *l'histoire de l'électricité atmosphérique*. Il rappela les noms de Dalibar, de Lemonnier et de Saussure qui sont injustement tombés dans l'oubli et termina en faisant la biographie de Peltier, ce fils d'un sabotier de la Somme qui devint physicien à l'âge de quarante ans, puis naturaliste, pour pouvoir suivre les études de son fils, et fit de remarquables communications à l'Académie des Sciences. M. Chauveau se propose de continuer cet historique dans une prochaine séance.

« L'Information d'Extrême-Orient ». — Sous ce titre paraît, au Japon, depuis janvier dernier, une publication destinée à développer les relations commerciales entre la France et le Japon. Elle donne chaque mois trois fascicules : deux d'entre eux, paraissant respectivement le 1er et le 15, contiennent chacun 54 pages, dont environ la moitié en langue française, l'autre en langue japonaise ; le troisième fascicule, de 32 pages, en langue française, paraît le 24 et publie des articles de documentation et des informations sur le Japon et les pays d'Extrême-Orient. Le prix de l'abonnement annuel, pour la France, est de 26 fr. pour l'ensemble des trois fascicules et de 15 fr pour le troisième seul. L'adresse de la rédaction est Tsukiji, Akashi-cho, 32-A, Tokyo ; le bureau de Paris est, 3, rue François-Ier.

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

Sur le diagramme de fonctionnement des moteurs à répulsion

L'auteur donne dans cet article un nouveau diagramme de fonctionnement des moteurs à répulsion. La méthode qu'il expose pour arriver à l'établissement du diagramme pourrait s'appliquer également à tous les moteurs à courants alternatifs à collecteur, et permettrait d'obtenir les diagrammes des nombreux types de ces moteurs.

I. — Considérations générales. — La question des moteurs à collecteurs a été, comme on sait, traitée depuis une vingtaine d'année, de la manière la plus complète, par un grand nombre d'ingénieurs, de professeurs et de savants, parmi lesquels les noms connus de MM. Blondel, Latour, Heyland, Winter, Eichberg, Niethammer, Lamme Görges, Osmos, Atkinson, Deri, etc. sont liés ou à des découvertes ou à des modes d'exposition particulièrement intuitifs et pénétrants relatifs au fonctionnement de ces machines. Nous-même, dans un but presque toujours pédagogique, nous avons déjà eu l'occasion d'étudier la question des moteurs à collecteurs dans un certain nombre de publications auxquelles on voudra bien se reporter. En dehors de plusieurs de ces publications, aujourd'hui épuisées (Cours municipaux d'Électricité industrielle professés à l'Institut depuis l'année 1905), on trouvera l'essence des méthodes d'exposition qui nous sont personnelles dans notre Cours municipal d'Électricité industrielle [(11e partie, t. III,) courants alternatifs, publié chez Geisler, 1, rue Médicis, Paris], dans le fascicule 35 de l'Encyclopédie électrotechnique [Geisler, éditeur], enfin dans deux séries d'articles parus dans la Revue « La Houille blanche », de 1912 à 1914, et dont la dernière a été interrompue par la guerre.

L'essentiel de toutes ces théories réside en ce fait que, si l'on considère l'induction dans l'entrefer du stator comme répartie sinusoïdalement (fig. 1)

$$\mathcal{B}_l = \mathcal{B}_0 . \cos p\vartheta . \cos \Omega t,$$

ϑ étant l'angle de définition de la position d'un point σ de l'entrefer par rapport à une ligne polaire fixe NN', il naît, dans une spire d'anneau $\sigma\sigma'$ de la section entre balais de l'induit, une force électromotrice cinétique donnée par :

$$E_{\text{cinétiq.}} = \frac{n_a}{2\pi} \frac{\Phi_{p\cdot\max}}{p} [p\omega' . \cos(\Omega t - \pi) . \cos p\alpha'],$$

où n_a est le nombre de pires du rotor, p le nombre de paires de pôles; Φ_p le flux par pôle; Ω la pulsation du courant d'alimentation; ω est la vitesse angulaire du champ tournant; ω' la vitesse angulaire du rotor, α', la valeur absolue de l'angle de calage du balai le plus proche $\left(\alpha' \leq \frac{\pi}{2p}\right)$ en avant de la ligne interpolaire AA' par rapport au sens de marche.

Elle est en réalité, au point de vue vectoriel, à 180° de la valeur du flux Φ_p passant dans l'entrefer. Cette

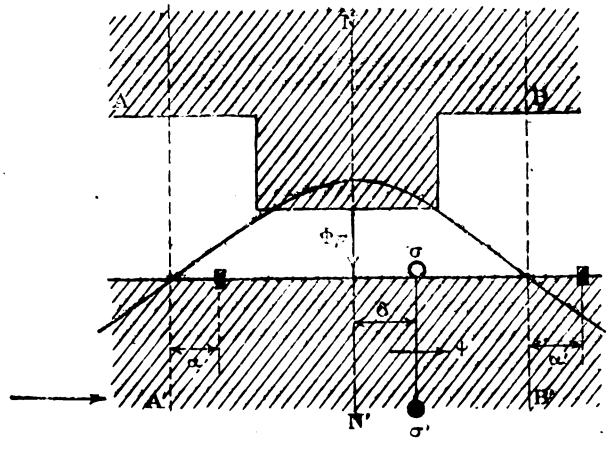


Fig. 1. — Flux d'entrefer et flux dans une spire de rotor, dans un moteur à collecteur.

force électromotrice correspond au transport, dans le champ alternatif supposé fixe dans le temps, de conducteurs avec la vitesse ω' ($\omega' \neq \omega \neq \frac{\Omega}{p}$ dans le cas général) (fig. 2).

En outre, une force électromotrice statique naît du flux émis par le stator dans les spires représentées par l'enroulement du rotor; soit E_{stator}, cette force électromotrice.

Digitized by Google

On démontre aisément que, pour que la machine puisse fonctionner en moteur, de deux directions possibles pour E_{stator}, seule celle correspondant à un angle $\frac{3\pi}{2}$ en arrière de Φ_p convient (angle de calage α' des balais *en avant* des lignes neutres dans le sens du mouvement); E_{stator} a pour expression :

$$E_{stator} = \frac{n_2}{2\pi} \frac{\Phi_{p\cdot max}}{p} \left[\Omega \cos \left(\Omega t + \frac{\pi}{2} \right) \sin p\alpha \right].$$

La première force électromotrice est maximum, toutes

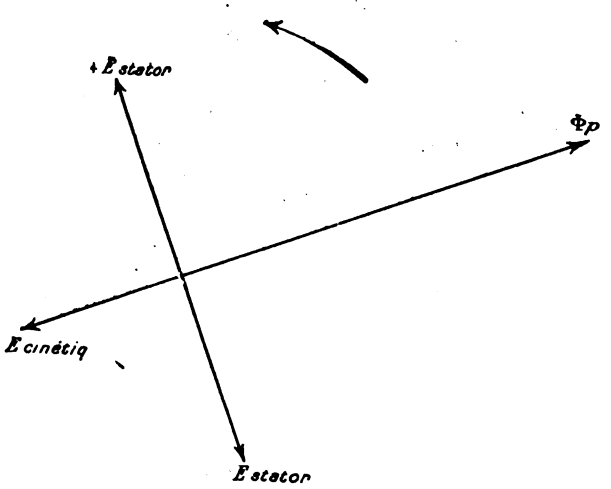


Fig. 2. — Situations respectives des flux d'entrefer, et des composantes de la force électromotrice dans un moteur à collecteur.

choses égales, quand les balais sont calés sur les axes polaires. La seconde est maximum quand les balais se trouvent sur les axes interpolaires, car la force électromotrice se répartit également, et dans les conditions les plus favorables, à droite et à gauche de ces axes; conclusions inverses en ce qui concerne la force électromotrice cinétique.

Avec deux paires de balais par paire de pôles, on peut découper l'induit en deux rotors superposés, idéaux, dans lesquels naissent respectivement une force électromotrice statique et une force électromotrice cinétique. Les deux circuits travaillent isolément, bien que se chevauchant, car les courants parasites, c'est-à-dire ceux du second système parcourant les deux demi-sections d'une tranche polaire sont égaux et de signes contraires. Ils ne donnent donc lieu à aucune chute de tension.

Supposons les balais calés, pour la première série, sur les axes interpolaires ; pour la seconde, sur les axes polaires.

On peut donc considérer le rotor comme double : un premier rotor à force électromotrice uniquement cinétique (balais sur les axes interpolaires), champ d'induit de la forme $A \cos \Omega t$ (A constante de construction).

Composition possible de $\mathcal{B}_a(I_1)$ avec le champ inducteur, de même que pour le champ d'armature et le champ inducteur dans une machine à courant continu (fig. 4).

Puis un deuxième rotor fixe, devant un champ sta-

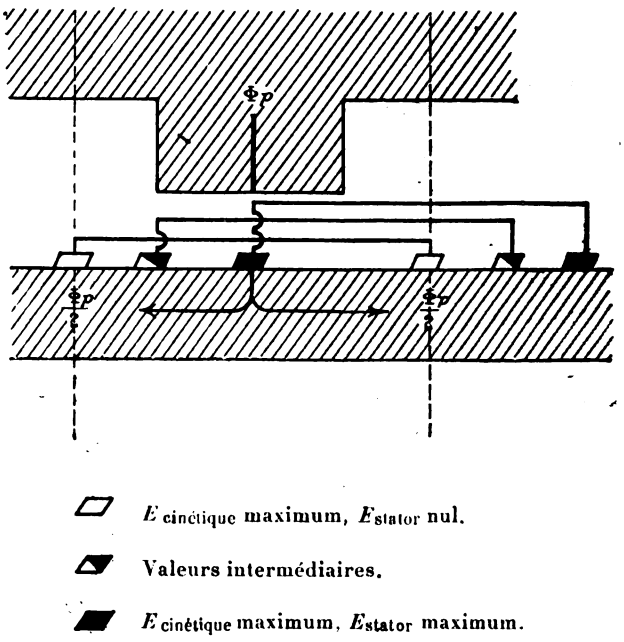


Fig. 3. — Constitution, par les divers calages de balais, de forces électromotrices différentes dans les rotors de moteurs à collecteurs.

tique qui passe dans l'entrefer et se divise dans l'induit. C'est un véritable transformateur statique à balais. Force électromotrice unique statique.

Nous renverrons le lecteur aux publications précitées en ce qui concerne les théories fondamentales relatives à l'étude analytique et graphique du fonctionnement de ces moteurs, à celle de leur commutation, enfin au fonctionnement des moteurs mixtes (à plusieurs paires de balais par champ inducteur).

Dans ce qui suit, nous allons essayer d'établir d'abord, d'interpréter ensuite un diagramme simple de fonctionnement du moteur à répulsion analogue, au moins d'aspect général, à ceux utilisés pour les moteurs d'induction ordinaires.

On sait que, dans l'étude des phénomènes dont est le siège le rotor, on peut considérer les circuits sous deux aspects, savoir, comme circuits constitués par des conducteurs géométriquement identifiés et défilant sous des balais fixes, ou comme circuits sur le rotor constitués par des conducteurs géométriquement variables, groupés entre des balais également fixes, entre lesquels on peut récolter des forces électromotrices de pulsation égale à celle du courant de stator. Dans ce qui suit, nous

Digitized by Google

opérerons autrement ; considérons l'appareil complet, constitué par le rotor et le stator, et cherchons à établir le diagramme de fonctionnement de cet ensemble (fig. 5).

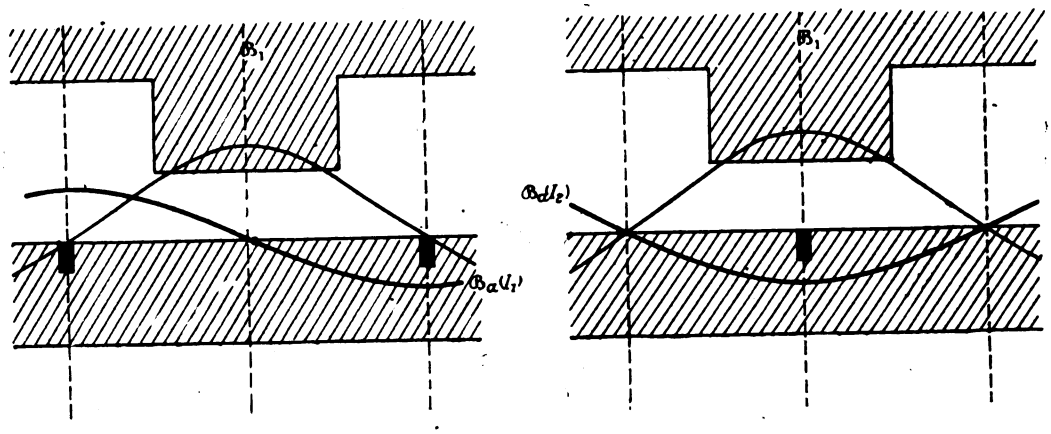


Fig. 4. — Décomposition, au point de vue des inductions de force électromotrice, d'un rotor de moteur à collecteur, en deux rotors fictifs.

Le stator est parcouru par un courant donné par la formule d'Ohm :

$$U_1 = R_1 I_1 + \mathcal{L}_1 \frac{dI_1}{dt} + n_1 \frac{d\Phi_2}{dt};$$

U_1 est la force électromotrice due au secondaire agissant

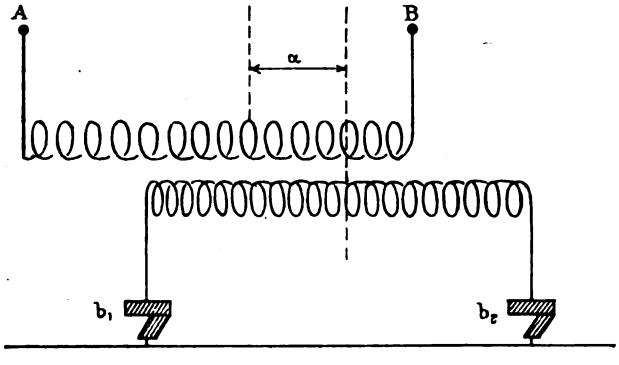


Fig. 5. — Situations respectives de deux circuits électriques de stator et de rotor, dans un moteur à répulsion.

par induction sur le primaire, Φ_2 le flux inducteur émis par le secondaire, $\mathcal{L}_1$ le coefficient de self-induction complet du primaire.

Appelons $\mathfrak{M}$ le coefficient d'induction mutuelle du primaire et du secondaire. Nous aurons évidemment :

$$U_1 + \left(-\mathfrak{M}\frac{dI_r}{dt}\right) = R_1 I_1 + \mathcal{L}_1 \frac{dI_1}{dt}.$$

$\mathcal{L}_1$ est toujours le coefficient de self-induction *complet* du primaire ; I_r est le courant de rotor.

En utilisant la notion des fuites primaires et secondaires Λ_1 Λ_2 et celle du flux résultant Φ, on pourrait écrire également :

$$U_1 = R_1 I_1 + \Lambda_1 \frac{dI_1}{dt} + n_1 \frac{d\Phi}{dt}.$$

Remarque. — Dans un circuit de transformateur à balais, on définit souvent « coefficient de dispersion » le terme :

$$\sigma = 1 - \frac{\mathfrak{M}}{\mathcal{L}_1 \mathcal{L}_2}.$$

Quelles sont les hypothèses faites dans cette assimilation ? On suppose que les circuits magnétiques, nécessaires au développement du flux, sont constitués par une tranche de fer du stator associée à une tranche de rotor (fig. 6).

Mais celle-ci est *en marche* tandis que celle du stator

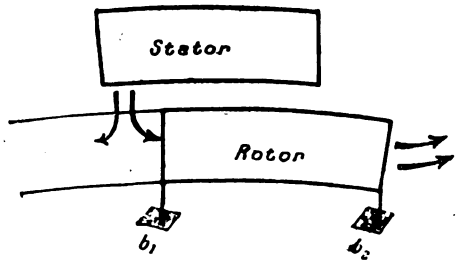


Fig. 6. — Situations respectives des deux tranches de fer (stator et rotor) d'un circuit magnétique de moteur à répulsion.

ne l'est pas. Au fond, il n'y a pas là une très grave difficulté. On rencontre une hypothèse identique dans les théories relatives à toutes machines génératrices et motrices, à courants continus comme à courants alternatifs. On y suppose que le circuit magnétique se ferme

Digitized by Google

dans un *élément de rotor mobile*, de même façon que dans *l'élément identique d un rotor qui serait fixe*.

Ces hypothèses semblent acceptables, à condition de tenir compte, dans les prévisions de fonctionnement du moteur, des effets d'hystérésis tournante, signalés par M. Blondel, et qui ont pour origine la rotation d'un anneau ou tambour magnétique dans des champs magnétiques fixes. Les effets en sont très probablement les mêmes que ceux dus à la rotation d'un champ magnétique dans *un anneau* fixe (fig. 7).

Il est, d'autre part, évident qu'ici, comme dans tout

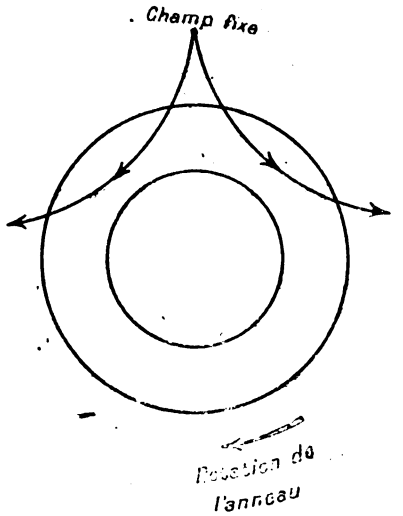


Fig. 7. — Phénomènes d'hystérésis tournante dans un moteur à répulsion.

transformateur à balais, le coefficient d'induction mutuelle $\mathfrak{M}$ acquiert une importance maximum quand les balais sont calés sur les lignes polaires $\left(\alpha = \frac{\pi}{2p}\right)$, et a une valeur nulle quand ce calage a lieu sur les axes interpolaires ($\alpha = 0$). On peut donc, sous la forme la plus simple, représenter $\mathfrak{M}$ par la fonction

$$\mathfrak{M} = \mathfrak{M}_0 \sin p\alpha,$$

$$p\alpha = \frac{\pi}{2} \ldots\ldots \mathfrak{M} = \mathfrak{M}_0 \qquad p\alpha = 0 \ldots\ldots \mathfrak{M} = 0.$$

α angle de calage des balais par rapport aux lignes neutres.

Or, dans le cas du moteur à répulsion, α est toujours négatif. Prenons, dans l'expression qui précède, α' en valeur absolue. I_r est toujours plus ou moins en opposition de phase avec I_1. La phase de $\left(-\mathfrak{M}\frac{dI_r}{dt}\right)$ est presque égale à celle de $\mathfrak{M}\frac{dI_1}{dt}$ (fig. 8).

Donc $\left(-\mathfrak{M}\frac{dI_r}{dt}\right)$, égale à la force électromotrice d'induction mutuelle du secondaire sur le primaire, est toujours de phase assez voisine de celle de U_1.

Le diagramme ci-contre nous donne les diverses situations relatives de I_1, I_r, $\frac{dI_1}{dt}$ etc.

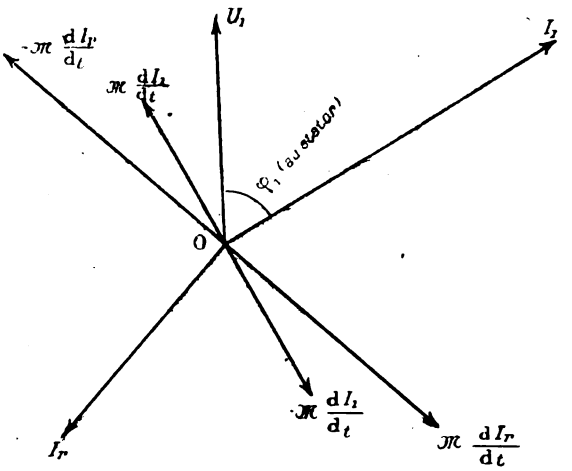


Fig. 8. — Situations respectives des tensions, forces électromotrices et courants dans un moteur à répulsion.

II. — Composition des inductions dues au stator et au rotor. — Analysons les phénomènes *qui se passent dans le rotor*. La valeur de l'induction $\mathfrak{B}r$ résultante en un point d'abscisse δ dans le rotor est :

$$\mathfrak{B}_r = \mathfrak{B}_0 \times \cos p\delta \times \cos \Omega t - \mathfrak{B}_a{}^0 \sin p(\delta + \alpha') \times \cos(\Omega t - \chi);$$

α' compté positivement à gauche du balai; χ représente le décalage dans le temps, compté suivant le sens normal du courant secondaire par rapport à l'opposé du courant primaire (fig. 9).

L'induction $\mathfrak{B}^0{}_a$ est bien maximum [$\sin p(\delta + \alpha') = 1$

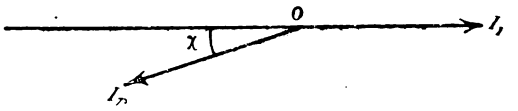


Fig. 9. — Décalage du courant de rotor sur le courant de stator.

quand $(\delta + \alpha') = \frac{\pi}{2}$. Nous obtiendrons immédiatement, $\mathfrak{B}_r$ étant fonction simple des ampères-tours créés dans l'entrefer :

$$\mathfrak{B}_r = \mathfrak{B}_0 \times \cos p\delta \times \cos \Omega t - \mathfrak{B}_a{}^0 \times \sin p(\delta + \alpha') \times$$

$$\times \cos \Omega t \times \cos \chi - \mathfrak{B}_a{}^0 \times \sin p(\delta + \alpha') \times \sin \Omega t \times \sin \chi.$$

Cette induction $\mathfrak{B}_r$ est l'induction résultante dans l'entrefer, en un point d'abscisse δ par rapport à un axe polaire. Cette répartition de l'induction, rappelons-le, dépend à la fois de l'espace et du temps.

$\mathfrak{B}_r$ comprend donc deux composantes.

Digitized by Google

L'une symphasique avec l'induction $(\mathcal{B}_0 \cos \Omega t)$, savoir :

$$(\mathcal{B}_r')_0 = \mathcal{B}_0 \cos p\delta - \mathcal{B}_a{}^0 \sin p(\delta + \alpha') \cos \chi,$$

l'autre-*transversale* dans le temps (ou mieux en quadrature) (à 90° *en arrière* de $\mathcal{B}_0 \cos p\delta$, car $\sin \chi$ est positif).

$$(\mathcal{B}_r)_0 = -\mathcal{B}_a{}^0 \sin p(\delta + \alpha') \sin \chi.$$

Répartition des inductions par rapport au temps en un point d'abscisse δ. — *Composantes symphasique et quadratique.*

Résultante symphasique.

$$(\mathcal{B}_r')_0 = \mathcal{B}_0 \cos p\delta - \mathcal{B}_a{}^0 \sin p(\delta + \alpha') \cos \chi.$$

Résultante quadratique.

$$(\mathcal{B}_r'')_0 = -\mathcal{B}_a{}^c \sin p(\delta + \alpha') \sin \chi.$$

Préoccupons-nous de la résultante symphasique. — Soit Φ_R le flux *résultant* dû à ces deux inductions, $\mathcal{B}_0$ et $\mathcal{B}^0{}_a$, qui entre dans le rotor.

$(\mathcal{B}'_r)_0$ peut s'écrire :

$$(\mathcal{B}_r')_0 = \mathcal{B}_0 \cos p\delta - \mathcal{B}_a{}^0 \sin p\delta \cos p\alpha' \cos\chi - \mathcal{B}_a{}^0 \cos p\delta \sin p\alpha' \cos\chi$$

$$(\mathcal{B}_r')_0 = (\mathcal{B}_0 - \mathcal{B}_a{}^0 \sin p\alpha' \cos\chi) \cos p\delta - (\mathcal{B}_a{}^0 \cos p\alpha' \cos\chi) \sin p\delta$$

Valeur du flux Φ_R. — Considérons la section de rotor qui, par ses conducteurs périphériques, va couper le flux Φ_R. Pour définir cette section, nous devrons faire varier δ de $-\left(\frac{\pi}{2p} + \alpha'\right)$ à $+\left(\frac{\pi}{2p} - \alpha'\right)$, en tenant compte des signes des angles, conformément à notre convention (α' compté comme positif à partir du balai et vers la gauche).

III. — Flux résultant partant du stator et aboutissant a une section périphérique de rotor. — *Calculons l'induction moyenne correspondante.*

$$(\mathcal{B}_r)_{moy} = \frac{2p}{2\pi} \int_{-\frac{\pi}{2p} - \alpha'}^{\frac{\pi}{2p} - \alpha'} [(\mathcal{B}_0 - \mathcal{B}_a{}^0 \cos\chi \sin p\alpha') \cos p\delta - \mathcal{B}_a{}^0 \cos\chi \cos p\alpha' \sin p\delta]\, d\delta$$

$$= \frac{p}{\pi} \left[(\mathcal{B}_0 - \mathcal{B}_a{}^0 \cos\chi \sin p\alpha') \frac{\sin p\delta}{p} + \mathcal{B}_a{}^0 \cos\chi \cos p\alpha' \frac{\cos p\delta}{p} \right]_{-\frac{\pi}{2p} - \alpha'}^{\frac{\pi}{2p} - \alpha'}$$

$$= \frac{1}{\pi} \left[(\mathcal{B}_0 - \mathcal{B}_a{}^0 \cos\chi \sin p\alpha') \left(\sin\left(\frac{\pi}{2} - p\alpha'\right) + \sin\left(\frac{\pi}{2} + p\alpha'\right) \right) + \mathcal{B}_a{}^0 \cos\chi \cos p\alpha' \left(\cos\left(\frac{\pi}{2} - p\alpha'\right) - \cos\left(\frac{\pi}{2} + p\alpha'\right) \right) \right]$$

$$= \frac{1}{\pi} [(\mathcal{B}_0 - \mathcal{B}_a{}^0 \cos\chi \sin p\alpha') \times 2 \cos p\alpha' + \mathcal{B}_a{}^0 \cos\chi \cos p\alpha' \times 2 \sin p\alpha']$$

$$= \frac{2}{\pi} \cos p\alpha'.$$

$$(\mathcal{B}_r)_{moy} = \frac{2}{\pi} \cos p\alpha'.$$

C'est l'induction moyenne dans l'entrefer, tenant compte d'une répartition sinusoïdale, dans l'espace, des inductions dues à l'effet du stator.

N. B. — On aurait pu naturellement faire usage avec un égal intérêt, dans l'analyse qui précède, par la méthode de calcul bien connue consistant à utiliser les coefficients d'induction.

Remarque. — Nous aurions, dans le cas plus général où l'induction n'est pas répartie d'une manière sinusoïdale dans l'entrefer,

$$(\mathcal{B}_r)_{moy} = \mathcal{B}_{moy} \times \cos p\alpha'$$

au lieu de la formule donnée plus haut qui est seulement relative à une répartition sinusoïdale.

Telle est la valeur *moyenne*, par rapport à l'espace, de *l'induction* maximum par rapport au temps) dans l'entrefer, induction située en face de la section de rotor. On remarquera qu'elle est indépendante de l'induction propre due au rotor, ce qui était évident a priori, en raison de la répartition symétrique de cette dernière induction. Le flux qui gagne les conducteurs de la section du rotor a donc pour valeur le produit de la surface polaire par

$$\mathcal{B}_{moy} = \frac{2}{\pi} \mathcal{B}_0 \cos p\alpha'$$

au moment où il est maximum dans le temps.

IV. — Flux résultant s'échappant d'un pole de stator. — Nous venons d'établir que l'induction résultante a pour chaque point une valeur déterminée, valeur liée à $\mathcal{B}_i$ et $\mathcal{B}_a$, mais que le flux gagnant une tranche polaire du fer du rotor, après avoir quitté le stator, a pour expression :

$$\Phi_R = S_{polaire} \left[\frac{2}{\pi} \mathcal{B}_0 \cos p\alpha' \right] \cos \Omega t.$$

Évaluons de même le *flux résultant* qui s'échappe d'un pôle du stator. Nous l'obtiendrons en partant de l'équation relative à la composante symphasique.

$$(\mathcal{B}_r')_{moy} = \frac{2p}{2\pi} \int_{-\frac{\pi}{2p}}^{+\frac{\pi}{2p}} [\mathcal{B}_0 - \mathcal{B}_a{}^0 \times \cos\chi \times \sin p\alpha'] \cos p\delta \times d\delta - \mathcal{B}_a{}^0 \times \cos\chi \times \cos p\alpha' \times \sin p\delta \times d\delta.$$

Digitized by Google

La portion du flux résultant dû à la composante quadratique a de même pour valeur :

$$(\mathcal{B}_r'')_m = \frac{2p}{2\pi}\int_{-\frac{\pi}{2p}}^{+\frac{\pi}{2p}} -\mathcal{B}_a{}^0 \times \sin p(\delta+\alpha') \times \sin\chi \times d\delta,$$

ou encore, en développant :

$$(\mathcal{B}_r'')_{moy} = \frac{2p}{2\pi}\int_{-\frac{\pi}{2p}}^{+\frac{\pi}{2p}} -\mathcal{B}_a{}^0 \times \sin\chi \times \cos p\alpha' \times \sin p\delta \times d\delta - \\ -\mathcal{B}_a{}^0 \times \sin\chi \times \sin p\alpha' \times \cos p\delta \times d\delta.$$

Ces deux expressions, intégrées entre $-\frac{\pi}{2p}$ et $+\frac{\pi}{2p}$ donnent respectivement :

1° Pour l'*induction résultante symphasique*.

$$(\mathcal{B}_r')_{moy} = \frac{2p}{2\pi}\left[(\mathcal{B}_0 - \mathcal{B}_a{}^0 \cos\chi \sin p\alpha')\frac{\sin p\delta}{p} + \right. \\ \left. + \mathcal{B}_a{}^0 \cos\chi \cos p\alpha' \frac{\cos p\delta}{p}\right]_{-\frac{\pi}{2p}}^{+\frac{\pi}{2p}}$$

c'est-à-dire :

$$(\mathcal{B}_r')_{moy} = \frac{2}{\pi}[\mathcal{B}_0 - \mathcal{B}_a{}^0 \times \cos\chi \times \sin p\alpha']$$

composante symphasique seule pour :

$$p\alpha' = \frac{\pi}{2};$$

on a un effet magnétique soustractif d'induction maximum (ce qui est bien évident, les balais étant calés sur les lignes polaires).

2° Pour l'*induction quadratique*.

$$(\mathcal{B}_r'')_{moy} = \frac{2p}{2\pi}\left[\mathcal{B}_a{}^0 \sin\chi \cos p\alpha' \frac{\cos p\delta}{p} - \right. \\ \left. - \mathcal{B}_a{}^0 \sin\chi \sin p\alpha' \frac{\sin p\delta}{p}\right]_{-\frac{\pi}{2p}}^{+\frac{\pi}{2p}}$$

c'est-à-dire

$$(\mathcal{B}_r'')_{moy} = \frac{2}{\pi}[-\mathcal{B}_a{}^0 \times \sin\chi \times \sin p\alpha'].$$

Le flux résultant symphasique aura donc pour valeur :

$$\Phi_{symph.} = S_{pol.}\frac{2}{\pi}[\mathcal{B}_0 - \mathcal{B}_a{}^0 \times \cos\chi \times \sin p\alpha']$$

et le flux résultant quadratique

$$\Phi_{quadrat.} = S_{pol.}\frac{2}{\pi}[-\mathcal{B}_a{}^0 \times \sin\chi \times \sin p\alpha'],$$

toujours dans l'hypothèse de répartitions sinusoïdales de $\mathcal{B}_i$ et $\mathcal{B}_a$ dans l'entrefer.

Dans le cas le plus général, on aura :

$$\Phi_{symphasiq.} = S_{pal.}[(\mathcal{B}_0)_{moy} - (\mathcal{B}_a{}^0)_{moy} \times \cos\chi \times \sin p\alpha']$$
$$\Phi_{quadratiq.} = S_{pal.}[-(\mathcal{B}_a{}^0)_{moy} \times \sin\chi \times \sin p\alpha'].$$

$(\mathcal{B}_0)_{moy}$ et $(\mathcal{B}_a{}^0)_{moy}$ sont les valeurs moyennes des inductions prises par rapport à l'espace, quand le temps est pris successivement égal aux deux valeurs rendant maximum $\mathcal{B}_i$ et $\mathcal{B}_a$ (1).

Le flux résultant total aura donc pour valeur :

$$\Phi_{total\ résultant} = \frac{2}{\pi} \times S_{pol.}[(\mathcal{B}_0 - \mathcal{B}_a{}^0 \sin p\alpha' \cos\chi]\cos\Omega t \\ - \mathcal{B}_a{}^0 \sin p\alpha' \sin\chi \times \sin\Omega t].$$

Ce que nous aurions pu du reste obtenir directement par considération du diagramme de la figure 9.

$$\Phi_{total\ résultant} = \frac{2}{\pi} \times S_{pol.}[\mathcal{B}_0 \cos\Omega t - \mathcal{B}_a{}^0 \sin p\alpha' \cos(\Omega t - \chi)].$$

Avec la surface polaire

$$S = \frac{\pi DL}{2p}.$$

La situation de ces deux flux est représentée par la figure ci-dessous (fig. 10).

$\mathcal{B}_0$ et $\mathcal{B}^0{}_a$ représentent respectivement l'induction due

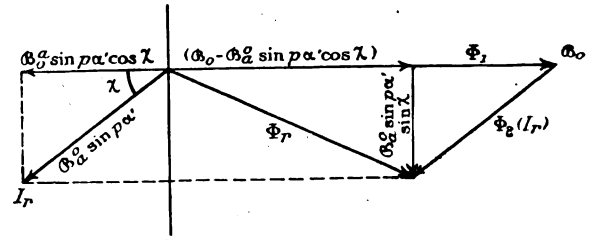


Fig. 10. — Flux de stator, de rotor et résultant dans un moteur à répulsion.

aux inducteurs considérés comme seuls, d'une part, et, d'autre part, l'induction due aux ampères-tours de rotor. En supposant que les circuits *magnétiques différents de ces deux flux* aient la même réluctance (hypothèse acceptable dans le cas d'un enroulement uniformément réparti), nous pourrons écrire :

$$\Phi_1 R = \frac{4}{10}\pi (AT)_1$$
$$\Phi_2 R = \frac{4}{10}\pi (AT)_2,$$

(1) Ceci suppose naturellement qu'on ait affaire à une induction répartie sous forme sinusoïdale. On nous permettra, pour ne pas alourdir notre exposition, de nous en tenir à cette hypothèse simpliste.

Digitized by Google

Φ_1 et Φ_2 étant respectivement les flux correspondant au stator et au rotor.

V. — Influence de la dispersion de stator ou de rotor. — Les hypothèses qui précèdent seraient rigoureusement exactes si du stator au rotor et inversement, ces flux passaient sans dispersion.

On sait qu'il n'en est malheureusement pas ainsi, de telle sorte que les flux totaux Φ'_1 et Φ'_2 se décomposent chacun en flux Φ_1 et Φ_2 passant dans le circuit magnétique commun, et en flux de fuite $\Lambda_1 I_1$ et $\Lambda_2 I_2$:

$$\Phi'_1 = \Phi_1 + \Lambda_1 I_1$$

en sorte que avec $\Phi_{commun} = \Phi_1 - \Phi_2$

$$\Phi'_2 = \Phi_2 + \Lambda_2 I_2$$

$\Lambda_1 I_1$ et $\Lambda_2 I_2$ flux de fuite, correspondant respectivement au primaire et au secondaire.

Φ_r est en effet la valeur du flux résultant que nous venons de calculer, c'est-à-dire le flux provenant de Φ_1 et de Φ_2 (fig. 11).

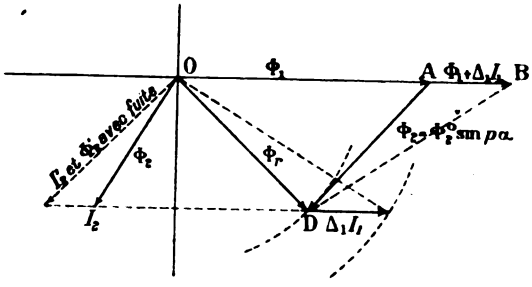


Fig. 11. — Influence de la dispersion. Correction du diagramme d'un moteur à répulsion.

On serait évidemment arrivé à des résultats aussi simples avec l'emploi des notations déjà signalées des coefficients d'induction.

Remarquons, et nous allons le faire voir plus clairement ci-après, que, lorsqu'on connaît le calage α, à un couple donné C_m correspond une valeur du flux effectif ou résultant Φ_r. Nous connaîtrons Φ_r correspondant à chaque régime connaissant les directions de I_1 et de I_2, et le point D.

Nous aurons donc les points A.O.D. d'où $\overline{OA} = \Phi_1$ et $\overline{AD} = \Phi_2$, dans le cas où il n'y a pas de fuites.

Quand il y a des fuites, à $\overline{OA} = \Phi_1$ il convient de substituer $\overline{OB} = \Phi_1 + \Lambda_1 I_1$.

De même : $\overline{BD} = \Phi_2 + \Lambda_2 I_2$.

La connaissance des coefficients Λ_1 et Λ_2 permet d'écrire, si I_1 et I_2, valeurs approchées des courants (fuites inexistantes) sont connues :

$$n_1 I'_1 = n_1 I_1 + \Lambda_1 I_1$$

$$n_2 I'_2 = n_2 I_2 + \Lambda_2 I_2$$

Λ_1, Λ_2 constantes de transformation pour proportionnalité des flux aux ampères-tours, en supposant, pour des raisons de saturation certainement atteinte, cette proportionnalité établie.

VI. — Construction du diagramme. — La construction du diagramme est intuitive. En effet, ayant pris une direction OB pour I_1, nous aurons facilement, pour le courant watté nécessaire (fig. 12)

$$U_1 I_{1eff} = C_m \times \omega'$$

avec :

$$C_m = A \frac{\Phi_r^2}{2\pi Z} [\Omega \sin p\alpha \sin \varphi - p\omega' \cos p\alpha \cos \varphi] \times \cos p\alpha$$

(A constante appropriée).

Pour chaque valeur de α, nous avons, d'après notre

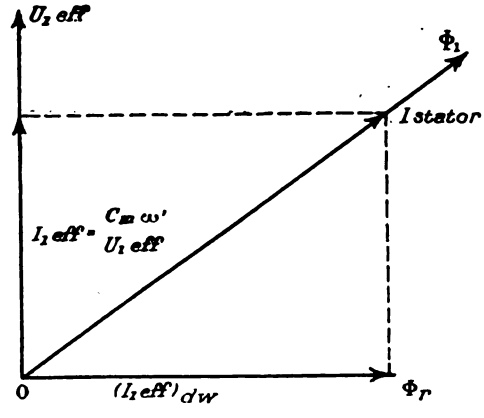


Fig. 12. — Construction du diagramme du moteur à répulsion. Fuites inexistantes.

étude de la caractéristique mécanique, *une* valeur de C_m et *une* de ω'.

Or, on peut supposer, en *première approximation* (fuites inexistantes), constante la quantité Φ_r (flux résultant lié à $U_{1effic.}$, tension du stator).

Le couple est donc fixé et aussi le courant watté primaire.

Le courant dewatté primaire $(I_{1eff.})_{dw}$ sera fourni par un essai avec rotor calé et balais levés.

La connaissance de (I_1) et $(I_1)_{dw}$ nous donnera I_s courant total primaire et par suite la direction de Φ_1.

La vitesse et le couple étant connus, on aura les composantes $(p\omega' \cos p\alpha \cos \varphi)$ et $(\Omega \sin p\alpha \sin \varphi)$ de la force électromotrice du rotor (fig. 13). Par suite, on aura en grandeur et direction le courant rotorique I_R.

Le flux Φ_2 de rotor sera parallèle à I_R : il passe par G, et son intersection A avec la direction de I_s donne le flux Φ_1 évidemment en phase avec I_s.

Corrections. — On pouvait, comme nous l'avons indiqué, tenir compte des fuites en ajoutant à Φ_1 et à Φ_2 des termes $\Lambda_1 I_1$ et $\Lambda_2 I_2$.

Nous laissons au lecteur le soin de faire cette correction, qui a du reste beaucoup moins d'importance relative que dans le cas du moteur asynchrone ordi-

Digitized by Google

naire. En effet, dans le cas du moteur à collecteur, sont faites plusieurs hypothèses simplificatives dont l'influence est grande et au moins autant que celle des fuites supposées négligeables.

VII. — Pratique de la construction du diagramme de fonctionnement. — Comme résumé de l'étude qui précède, nous indiquerons sommairement comment peut être construit le diagramme de fonctionnement du moteur à répulsion, par analogie avec celui du transformateur statique.

Nous avons attiré l'attention (et nous croyons en cela

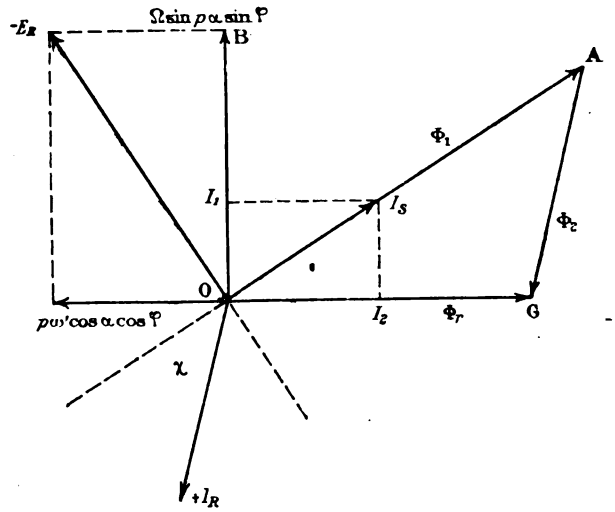


Fig. 13. — Diagramme du moteur à collecteur répulsion. Fuites supposées négligeables.

avoir fait œuvre utile) sur l'existence d'un flux résultant Φ_r qui, aux fuites près, est fixé quand la tension primaire l'est. Pour un calage de balais donné, soumettons le stator à la tension primaire et calons le rotor après avoir pris la précaution de lever les balais, et mesurons le courant primaire à vide. Ce courant primaire représente à l'échelle près les ampères-tours primaires à vide et toujours avec une échelle convenable, le flux résultant. Nous avons donc en grandeur ce flux Φ_r; nous prendrons sa direction comme origine des phases.

Cherchons les conditions de marche du moteur pour un couple résistant C_r donné. La caractéristique mécanique ou l'expression algébrique du couple en fonction de la vitesse pour un calage de balais α, nous permet de trouver la valeur du courant primaire watté — ce courant est à 90° en avant du flux résultant. Prenons la résultante du courant primaire watté et du courant primaire déwatté à vide, créateur du flux résultant; nous aurons la direction du courant I_1, nous aurons aussi sa grandeur. Le vecteur, OB, à l'échelle adoptée pour les flux, représente le flux résultant Φ_r. Menons, par l'extrémité B de ce vecteur, une parallèle BA à I_r déterminé comme plus haut. Nous avons le flux Φ_r dans le rotor; dans le stator le flux Φ_1, au moins en ce qui concerne sa phase par rapport au flux primaire (fig. 14).

Cette construction simple nous a donc donné, partant du flux constant : le flux primaire, le flux secondaire, la direction des courants primaire et secondaire, etc. On peut compléter ce diagramme en tenant compte des fuites. Au vecteur OA nous substituerons AO', plus grand de la quantité $\Lambda_1 I_1$ que OA; joignons $A'B$, nous avons le nouveau flux secondaire Φ'_2, plus grand également que Φ_2 et tenant compte des fuites dans le rotor. — Le flux Φ_r, quand on tient compte des fuites, n'est plus constant. C'est le flux $n_1 \Phi_r + \Lambda_1 I_1$ qui l'est, car sa

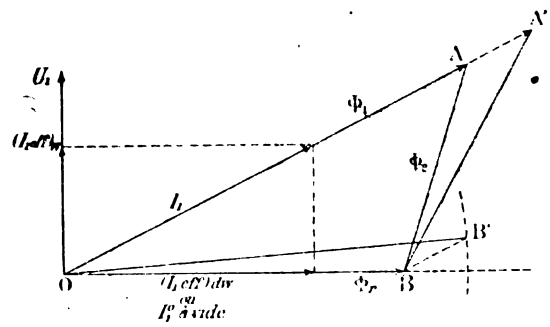


Fig. 14. — Construction du diagramme d'un moteur à répulsion en tenant compte des fuites.

dérivée $n_1 \frac{d\Phi_r}{dt} + \Lambda_1 \frac{dI_1}{dt}$ est en valeur maximum.

On remarquera que dans l'expression du flux résultant, ou, ce qui revient au même, dans celle de l'induction moyenne par rapport à l'espace et pour l'instant où le courant de stator est maximum, entre la valeur de l'angle α. On remarquera également qu'en raison du décalage géométrique des axes respectifs d'une section de stator et d'une section de rotor, le flux primaire n'est que particulièrement utilisé, ce qui revient à admettre qu'il faut créer plus d'ampères-tours au stator qu'il ne semble à première vue nécessaire. Un décalage des balais de $p\alpha = 90°$ aurait, comme on sait, pour effet de supprimer le flux résultant, ou effectif, dans le rotor.

VIII. — Divers modes d'établissement du diagramme du moteur a collecteur. — Nous venons de compléter le diagramme du moteur à collecteur par l'introduction des fuites. Montrons enfin comment on peut rattacher ce mode de construction du diagramme à celui, déjà cité et souvent adopté par certains auteurs, qui fait appel aux coefficients d'induction mutuelle. — Parfois, ces coefficients sont difficilement connus, même en valeur absolue. Dans le transformateur statique à balais, même lorsqu'une section primaire est juste en face d'une section secondaire (coïncidence des deux axes), le mode de pénétration (fig. 15) réciproque des flux est déjà difficile à interpréter algébriquement. — Ajoutons que, si la section II est décalée par rapport à la section I, l'affaiblissement du

Digitized by Google

coefficient $\mathfrak{M}$ d'induction mutuelle pour lequel certains auteurs adoptent la loi

$$\mathfrak{M} = \mathfrak{M}_0 \cos \gamma$$

(γ angle des axes) s'effectue probablement suivant une loi assez différente. Nous nous bornerons à l'énoncé de ces réserves. Elles sont surtout d'ordre théorique, et en fait, des formules de prédétermination des coefficients d'induction peuvent amplement suffire, au moins tant que l'on admet une répartition sinusoïdale des inductions. Rappelons que M. Blondel a donné des formules très simples permettant d'exprimer les selfs $\mathfrak{L}$ et induc-

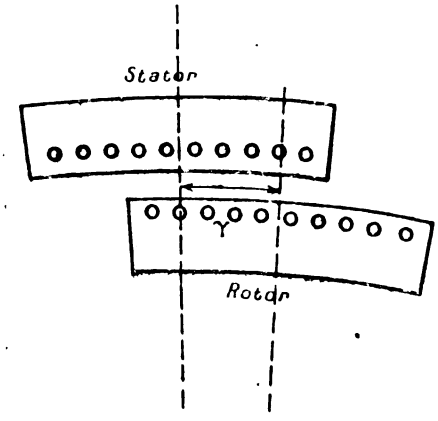


Fig. 15. — Signification du coefficient d'induction mutuelle de stator-rotor dans un moteur à répulsion.

tions mutuelles $\mathfrak{M}$ en fonction des bobinages et les flux en fonction de $\mathfrak{M}$ et de $\mathfrak{L}$.

Supposons, pour simplifier cette comparaison, les fuites inexistantes.

Ayant construit le diagramme sur Φ_r constant, ayant obtenu I_{eff} watté, donc I_{eff} par combinaison de I_{eff} dé-watté, et de I_{eff} watté, nous avons la direction du flux Φ_1 (fig. 16).

Or, à I'_1 correspond un $\mathfrak{B}'_0$ donné, et un $\mathfrak{B}'_0 \cos px$ ($\mathfrak{B}'_0$ nouvelle valeur de l'induction primaire quand le rotor travaille). Nous avons donc $\overline{OA} = \Phi_1$ en grandeur et en direction. — $\overline{AB}$ nous donne Φ_2 d'où $\mathfrak{B}_a{}^0 \sin px \cos px \cos\chi_1$ et la valeur de I_2', ainsi que sa direction.

Prenons sur OA une longueur $R_1 \times I_1$, et en C élevons une perpendiculaire CD.

En G, extrémité du vecteur U_{eff}, élevons une perpendiculaire CD à I_1, représenté par OH. La longueur CD représente $\mathfrak{L}_1\Omega I_1$ *chute de tension inductive complète* du primaire et le vecteur $\overline{GD}$ représente la valeur $\mathfrak{M}\Omega I_2$, force électromotrice d'induction mutuelle.

On a bien, en effet :

$$(\overline{\mathfrak{M}\Omega I_2}) + \overline{U_1} = \overline{R_1 I_1} + \overline{\mathfrak{L}_1\Omega I_1}.$$

De même, le vecteur $\overline{OK}$, délimité par G et la perpendiculaire $\overline{HK}$ à $\overline{OH} = R_2 \times I_2$ (OK étant lui-même per-

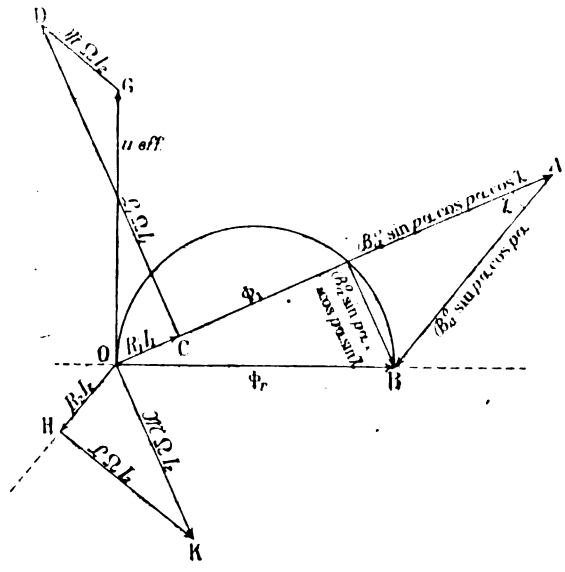


Fig. 16. — Relations géométriques entre les divers modes d'établissement du diagramme du moteur à collecteur répulsion.

pendiculaire à $\overline{OC} = R_1 \times I_1$), représente la force électromotrice d'induction mutuelle seule *force* électromotrice *active* dans le secondaire. Rappelons notamment, dans cet ordre d'idées, que M. Blondel a donné un intéresant diagramme des flux en charge en fonction des coefficients $\mathfrak{L}$ et $\mathfrak{M}$. (Voir « L'Eclairage électrique », 14 janvier 1905).

Conclusion. — Nous nous bornerons là en ce qui concerne l'exposé de cette méthode de l'étude du moteur à collecteur. Les quelques recherches que nous avons déjà publiées à ce sujet et plus encore, les travaux de maints savants auteurs déjà mentionnés, permettraient d'appliquer sans difficulté ces conclusions aux divers cas de moteurs mixtes, de quelque complication qu'ils soient, en apparence, empreints.

L.-C. Barbillion,
Directeur de l'Institut électrotechnique de Grenoble

Digitized by Google

Les lampes à incandescence

Dans cette dernière partie de son étude sur les lampes à incandescence l'auteur a groupé les caractéristiques des diverses sortes de lampes relatives à la durée et aux conditions du fonctionnement. Les rendements qui permettent de classer les types différents de lampes et qui mettent en évidence la supériorité des lampes à filament métallique, ont été envisagés dans la première partie (R. G. E. du 2 juin 1917).

III. — **Caractéristiques des lampes à incandescence. — 1. Constantes de durée.** — DURÉE TOTALE DES LAMPES A INCANDESCENCE. — La durée d'une lampe dépend : 1° de sa bonne construction; 2° de la régularité de la tension du réseau sur lequel elle fonctionne.

1° *Construction de la lampe.* — Il y a à considérer, dans l'examen de la construction d'une lampe, la régularité du filament, la valeur du vide, les dimensions du culot, l'état du verre de l'ampoule.

Pour juger de la *régularité du filament*, on fait fonctionner la lampe sur un voltage égal à 40 pour 100 environ de sa valeur normale : le filament reste au rouge sombre et on peut apprécier nettement, à l'œil, les différences d'éclat, s'il y en a. Elles sont l'indice d'un inégal diamètre du filament.

Dans les lampes au tungstène, la durée est déterminée presque exclusivement par les irrégularités même très petites du filament, ce qui explique les grandes différences individuelles que présentent entre elles les diverses lampes, différences qui semblent dues à des causes inappréciables. Le filament étiré est certainement un perfectionnement sur la variété obtenue par pression à travers une filière : le défaut d'uniformité est moins vraisemblable et il y a aussi moins de risque de présence de gaz occlus. — Il y a moins de ruptures de filaments obtenus par pression au travers d'une filière que de ceux obtenus au banc d'étirage. Pour des filaments de 0,022 à 0,07 mm de diamètre, il faut des pressions de 35 à 40 atm.; pour des filaments de 0,15 à 0,27 mm de diamètre, la pression varie de 18 à 25 atm. — Un effet délétère est produit par des traces d'impuretés sous forme de fer, d'arsenic, de silice.

Le tableau X extrait d'un travail de M. Rémy (1), ingénieur des institutions de contrôle de l'Association suisse des Électriciens, donne, pour les lampes à incandescence à filament métallique essayées de 1908 à 1914, le pourcentage des lampes ayant duré respectivement 200, 400, 600, 800 et 1 000 h.

Les résultats indiqués dans le tableau X sont intéressants parce qu'ils se rapportent à l'ensemble des essais de 1 234 lampes provenant de 26 fabriques différentes; ils représentent donc bien une moyenne. Il est intéressant de constater que la question est restée à peu près stationnaire de 1910 à 1913, époque où l'on employait un filament pressé. En 1914, lors de l'apparition du filament étiré, il s'est produit une amélioration considérable et, actuellement, on voit que 80 pour 100 des lampes à filament métallique atteignent une durée de 1 000 h. D'après M. Rémy, c'est un résultat qu'on ne dépassera que peu et très lentement avec ce genre de lampes, en sorte qu'il va y avoir une nouvelle période pendant laquelle la question restera stationnaire.

(1) *La Revue électrique*, 3 mars 1916, t. XXV, p. 151.

TABLEAU X. — *Durée des lampes à incandescence à filament métallique.*

ANNÉE	POURCENTAGE DES LAMPES AYANT DURÉ DE 0 A				
	200h	400h	600h	800h	1 000h
1908....	67	50	41	37	31,5
1910....	94	87	84	69,5	63,5
1912....	89	78	68	64	60
1913....	97	88	82	72,5	64
1914....	98	96	94	87	80

Dans les lampes à filament de carbone dont la fabrication est actuellement bien mise au point, on ne trouve pas des différences aussi considérables dans la durée des lampes d'un même lot. Leur existence est d'en moyenne 1 500 à 2 000 h, mais il n'est pas rare d'en voir durer jusqu'à 3 000 et 4 000 h et même davantage.

Un point de la plus haute importance est l'*essai du vide* réalisé. On a indiqué, à propos de la fabrication des lampes, les procédés suivis pour pratiquer cet essai.

Le *culot* de toutes les lampes à incandescence est identique, de manière que tous les types de lampes puissent être disposés sur une même douille. La construction des lampes au tungstène nécessite un soin particulier. Dans de nombreux cas, le filament est soudé aux fils d'arrivée du courant dans une atmosphère d'hydrogène. Cette pratique a donné lieu à divers brevets : la Compagnie Auer soude le filament dans l'électrode; Kellner opère de même, mais confère plus d'épaisseur à l'extrémité du filament; Heyde emploie un ciment consistant principalement en de la poudre de tungstène finement divisé et effectue la soudure au moyen d'une étincelle sous potentiel de 10 000 v. — Les crochets de support méritent de retenir l'attention. Ils doivent être doués d'une certaine élasticité et d'un point de fusion élevé; on peut employer à cet effet des alliages Cu-Ni, Cr-Ni, ou aussi des fils de molybdène ou de tungstène.

2° *Régularité de la tension.* — La durée d'une lampe diminue rapidement quand le filament est *poussé*, c'est-à-

Digitized by Google

dire fonctionne sous une consommation spécifique faible. On conçoit, en effet, que la température étant alors plus élevée et se rapprochant du point de fusion, le filament tende à se désagréger rapidement. Non seulement la durée totale de la lampe se trouve réduite, mais aussi sa durée utile et l'affaiblissement de l'intensité lumineuse de la lampe est d'autant plus sensible que la lampe travaille sous un régime plus poussé.

Etant donnée, par exemple, une lampe à filament de carbone construite pour fonctionner sur 100 v et pouvant assurer une durée de service de 1000 h, sa durée totale sera représentée par les chiffres ci-dessous si l'on établit à ses bornes une différence de potentiel différente de la tension de régime (1).

Tension aux bornes.	Durée totale.
95v	3 595h
98	1 675
100	**1 000**
102	601
104	375
105	248

Durée utile des lampes a incandescence. — La *durée utile* d'une lampe à incandescence est définie par le temps pendant lequel elle conserve une intensité lumineuse moyenne égale à 80 pour 100 de sa valeur primitive, lorsqu'elle fonctionne dans des conditions normales de tension et d'intensité. Quand l'intensité tombe au-dessous de ce pourcentage, outre que la lampe n'éclaire pas suffisamment, elle n'est plus d'un fonctionnement économique, car, pour une même puissance dépensée, le rendement lumineux est moindre.

Le *noircissement de l'ampoule* est dû à la projection des *ions* (de carbone ou de métal) sur l'ampoule, projection due à l'électro-vaporisation du filament.

Cette vaporisation, à durée égale, est d'autant plus active : 1° que le poids atomique du métal est plus faible ; 2° que la lampe est plus survoltée. Il peut même arriver que le filament, dont le diamètre diminue très vite par le fait de cette vaporisation, devienne trop résistant et que l'incandescence ne puisse plus se produire.

On distingue nettement entre le noircissement normal dû à une longue durée sous voltage constant et le noircissement rapide dû au survoltage. Le premier se manifeste par la projection sur l'ampoule de lignes sombres figurant la projection stéréoscopique du filament ; dans le second cas, la vaporisation trop rapide amène un noircissement uniforme.

Effet du dépolissage. — D'après Cravath et Lansigh, le dépolissage réduit la durée des lampes, ce qui se conçoit aisément : une lampe dépolie laisse passer moins de radiations, elle en absorbe davantage et la température du filament s'élève, d'où une usure plus rapide. Ainsi, la durée de fonctionnement d'une lampe, jusqu'à une diminution de 20 pour 100 dans l'intensité lumineuse, est de 200 heures (lampe dépolie) ; 420 heures (lampe enfermée dans un globe) et 430 heures (lampe claire), ces lampes étant identiques optiquement et électriquement.

2. — Conditions de fonctionnement. — Influence des variations de tension sur l'intensité lumineuse. — De nombreux essais effectués sur les lampes à incandescence ont montré que l'intensité lumineuse d'une lampe est reliée à la tension par la relation

$$\frac{B_1}{B_2} = \left(\frac{E_1}{E_2}\right), \tag{9}$$

dans laquelle, E_1 et E_2 sont deux tensions quelconques, B_1 et B_2 les intensités lumineuses correspondantes. L'intensité lumineuse B correspondant à une tension E sera donc de la forme

$$B = C E^n. \tag{10}$$

Le tableau XI donne, d'après Linker (1), les valeurs de C et de n lorsque B est exprimé en bougies heffner et E en volts. Les valeurs de n sont très variables avec les différents types de lampe et cet exposant varie même, comme le montrent les résultats obtenus par M. Pécheux, pendant la vie d'une lampe. Cependant, la formule (10) est très utile pour déterminer, au moins d'une manière approchée, les variations de l'intensité lumineuse en fonction de la tension. Pour une variation ΔE de E on a, en effet

$$\frac{\Delta B}{B} = n \frac{\Delta E}{E}, \tag{11}$$

ce qui permet de calculer les variations de tension relatives à une variation lumineuse donnée. La quatrième colonne du tableau XI contient les valeurs $\frac{\Delta E}{E}$ qui correspondent à une variation d'intensité lumineuse tolérée de 12 pour 100. La comparaison de ces chiffres montre nettement que les lampes à filament métallique sont beaucoup moins sensibles aux fluctuations de la tension que les autres lampes à incandescence.

Tableau XI. — *Variations d'intensité lumineuse des lampes à incandescence avec la tension.*

	C	n	$\frac{\Delta E}{E}$
Charbon	4.10^{-12}	6,2	1,9 %
Charbon métallisé	$1,2.10^{-8}$	4,7	2,5
Nernst	$8,9.10^{-16}$	8,3	1,4
Tantale	$1,8.10^{-7}$	4,2	2,8
Osram (Faden)	$5,2.10^{-7}$	3,9	3,1
Zirkon	$2,3.10^{-8}$	3,7	3,2
Tungstène	$1,8.10^{-7}$	3,7	3,2

(1) Escard, *loc. cit.*, p. 241.

(1) *Dingler's polytechnisches Journal*, **327** [37], p. 588.

Digitized by Google

Il résulte des formules indiquées ci-dessus que le nombre de bougies fournies par une lampe croît plus rapidement que la différence de potentiel aux bornes. Il y a donc intérêt à utiliser les lampes sous une tension supérieure à la tension normale, sans dépasser cependant une certaine valeur qui mettrait la lampe hors d'usage après une trop courte durée de service. C'est là un point sur lequel on reviendra plus loin.

Relation entre l'intensité lumineuse et l'énergie dépensée. — Plusieurs formules empiriques ont été proposées pour exprimer la variation de l'intensité lumineuse avec l'énergie dépensée. D'après les travaux de Voigt, Weber, Berninger, on a :

$$B = k\,W^n. \qquad (12)$$

Pour le carbone, n est égal à 3, et k oscille entre 0,0000 15 et 0,0090 9 (on peut prendre $n = 0{,}0000\,656$ comme valeur moyenne). Pour le tungstène (lampe de 32 bougies), on a

$$n = 2{,}58 \qquad k = 0{,}000011.$$

Relation entre la tension et l'énergie électrique dépensée. — Des formules (10) et (12), qu'on peut écrire :

$$B = C\,E^{n_1}, \qquad (10^{bis})$$

$$B = k\,W^{n_2}; \qquad (12^{bis})$$

on déduit, par élimination de B :

$$W = \left(\frac{C}{k}\right)^{\frac{1}{n_2}} E^{\frac{n_1}{n_2}} = K.E^N. \qquad (13)$$

Les valeurs de K et de N peuvent se calculer, pour chaque type de lampe, à l'aide des valeurs connues de k, de C, de n_1 et de n_2. Pour un filament au tantale la mesure directe a fourni :

$$W = K.E^{1,6}. \qquad (13^{bis})$$

K reste compris entre 0,0303 et 0,235.

Variations de la résistance avec la tension. — Dans la formule (13)

$$W = K\,E^N,$$

remplaçons W par $\frac{E^2}{R}$. On obtient

$$\frac{E^2}{R} = K\,E^N;$$

d'où

$$R = \frac{1}{K} E^{2-N}. \qquad (14)$$

Pour les lampes à filament de carbone les valeurs expérimentales de N indiquent que R peut varier entre

$$R' = \frac{E^{2-0,04}}{K} \quad \text{et} \quad R = \frac{E^{2-0,3}}{K};$$

et, pour les lampes à filament de métal, entre

$$R = \frac{E^{1,4}}{K} \quad \text{et} \quad R = \frac{E^{0,32}}{K}.$$

Ces formules sont bien d'accord avec les propriétés caractéristiques des deux sortes de filament : dans les filaments de carbone la résistance diminue quand la température croît; c'est l'inverse pour les filaments métalliques. Cette propriété des filaments métalliques de posséder un coefficient de température positif est d'un grand intérêt pratique, car la variation d'intensité lumineuse qui correspond à une même variation de tension étant moindre qu'avec les lampes au carbone, on pourra tolérer des écarts plus importants dans la tension et, pour cette raison, accepter des pertes plus fortes sur les câbles de distribution.

Influence de la tension aux bornes sur la consommation spécifique. — La consommation spécifique des lampes à incandescence à basse tension est notablement inférieure à celle des lampes à tension élevée.

Pratiquement, on constate que les lampes à filament de carbone de 220 v ont un rendement inférieur de 20 pour 100 à celui des lampes de 110 v et les chiffres ci-dessous (1) permettent de se rendre compte de ce fait pour des lampes ayant des intensités lumineuses différentes.

Tension aux bornes en volts.	Consommation spécifique : watts par bougie.		
	lampe de 5 bougies	lampe de 10 bougies	lampe de 16 bougies
110	3,52	3,58	3,66
220	3,82	4,54	4,57

Ces considérations concernent le cas de lampes différentes à voltage constant pour chaque unité.

Si l'on prend maintenant une lampe d'un régime donné, de 16 bougies, 110 v par exemple, et si on la place sur un circuit de quelques volts en élevant progressivement la tension, on constate que la consommation spécifique diminue rapidement, jusqu'à une certaine limite, lorsque la tension croît. Voici, par exemple, quelques chiffres d'essai intéressants à cet égard :

Tension en volts.	Watts par bougie.
66	38,00
79	16,30
98	5,92
107,5	4,03
120	2,63
132,7	1,85
144,7	1,41

(1) Escard, *loc. cit.*, p. 262.

Digitized by Google

Sources lumineuses a surface réduite pour éclairage intensif. — Dussaud a préconisé des procédés permettant d'obtenir, avec de minuscules lampes à incandescence, des projections dont l'éclairement rivalise avec celui des puissantes lampes à arc.

Ces procédés, à propos desquels Dussaud utilise l'appellation de lumière froide, consistent surtout en : 1° l'emploi de lampes fortement survoltées ayant par conséquent un rendement très satisfaisant; 2° l'utilisation de ces lampes pendant un temps très court suivi d'une période de repos relativement longue pour éviter un échauffement anormal; 3° la faculté de placer ces lampes ainsi maintenues froides à une distance du système optique bien plus faible que celle à laquelle, pour ne pas casser les lentilles, on est forcé de se limiter avec une lampe à arc, ce qui permet d'augmenter l'angle solide du cône de rayons lumineux émis par la source.

Il prend comme sources des lampes à incandescence à filament de tungstène enroulé en solénoïde, dont les spires sont très rapprochées. Ce filament est placé dans une ampoule qui renferme un gaz inerte.

L'intensité des lampes construites varie de 32 à 4 000 bougies. La surface de ces dernières n'atteint pas 4 cm²; la dépense est d'environ 1 3 w : b, et, au total, de 1 500 w.

Une seule de ces lampes de 4 000 bougies, utilisée avec un système approprié qui répartisse également la lumière sur l'espace à éclairer sans fatigue pour les yeux, serait suffisante, d'après l'inventeur, pour la surface du Trocadéro.

Sans survoltage, les sources de 32 à 4 000 bougies, utilisées avec les systèmes optiques de Dussaud donnent tous les éclairages nécessaires pour les lanternes à projection, les cinématographes, les boîtes à lumière pour théâtre. Elles suppriment les dangers et les difficultés d'emploi de l'arc électrique.

Avec survoltage, les sources de 32 à 4 000 bougies peuvent donner de 320 à 40 000 bougies; leur durée normale qui est d'un millier d'heures sera d'autant plus abaissée qu'on les aura davantage survoltées. L'abaissement de durée de la lampe est plus que compensé par la possibilité d'obtenir des intensités considérables de lumière (photographie de nuit, télégraphie optique, phares projecteurs, etc.).

Fonctionnement des lampes sur courant alternatif. — Avec le courant continu l'intensité lumineuse est invariable tant que l'intensité et le voltage demeurent constants. Il n'en est pas de même avec le courant alternatif: à chaque variation du courant correspond en effet une variation de l'intensité lumineuse de la lampe, avec un déphasage de 26° à 30° entre l'intensité lumineuse et la puissance électrique.

On a proposé de nombreuses méthodes pour déterminer la variation de l'intensité lumineuse pendant une période du courant. Une des plus simples consiste à disposer entre la lampe et l'écran de l'appareil photométrique un disque muni d'un nombre de fentes égal à celui des pôles de la génératrice alimentant la lampe. En déplaçant les fentes par rapport aux pôles, il est facile de déterminer les intensités lumineuses relatives pour différentes positions du disque, c'est-à-dire à des instants précis de chaque période. En répétant cette expérience avec la même lampe pour différentes fréquences on constate, comme on devait s'y attendre, que l'intensité de la lumière est d'autant plus uniforme que la fréquence du courant est plus élevée.

Avec des lampes à filament de carbone de 16 bougies, 110 v, il faut une fréquence minimum de 25 à 28 p : sec pour éviter les papillotements, c'est-à-dire annuler les variations d'éclat du filament aux différents instants de la période.

Pratiquement, pour une fréquence supérieure à 25 périodes par seconde, le papillotement est imperceptible dans les lampes à filament de carbone d'une puissance supérieure à 10 bougies (1). Mais il n'en est pas de même avec les lampes à filament métallique : à la fréquence 25 et avec un filament de tungstène, une lampe de 25 bougies, 110 v vacille fortement et une lampe de 40 bougies donne une lumière encore très vacillante; c'est seulement à partir de 50 bougies que la lumière devient fixe et ne fatigue plus du tout la vue.

Langmuir a donné une définition numérique du vacillement d'une lampe à filament métallique et précisé les conditions qui le font varier (2).

L'intensité lumineuse B d'un filament est liée à sa température absolue par la formule

$$\log B = A - \frac{11\,230}{T} \qquad (15)$$

où A est une constante caractéristique du filament. Pour de faibles variations de T on a :

$$\Delta \log B = \frac{11\,230}{T^2}\,\Delta T$$

Si l'on suppose que la température varie d'une quantité θ_0 de part et d'autre d'une valeur moyenne, on a, pour les variations correspondantes de B,

$$\Delta \log B = \frac{11\,230}{T^2}\,2\theta_0$$

ou encore,

$$\log \frac{B_{max}}{B_{min}} = \frac{11\,230}{T^2}\,.\,2\theta_0.$$

(1) On a même utilisé pratiquement des fréquences ne dépassant pas 15 périodes par seconde dans certaines installations industrielles en groupant les lampes par trois sur un alternateur triphasé chaque lampe étant placée sur une phase et les trois unités étant groupées sous un même globe de verre dépoli : la résultante de la lumière correspond à une intensité uniforme, sans variations sensibles; le verre dépoli contribue du reste à ce résultat en diffusant et tamisant les rayons émanant de chaque portion des filaments ainsi groupés.

(2) Maurice Leblanc fils, *La Lumière électrique*, 2e série, 30 janvier 1915, t. xxviii, p. 65.

Digitized by Google

Langmuir (1) propose de définir le vacillement F par le logarithme népérien du rapport $\frac{B_{max}}{B_{min}}$.

$$(16)\quad F = \mathrm{Log}_n \frac{B_{max}}{B_{min}} = 2{,}30 \log \frac{B_{max}}{B_{min}} = \frac{51{,}600}{T^2}\theta_0.$$

On peut faire le calcul du vacillement en fonction des caractéristiques du courant et du filament. En désignant par f la fréquence du courant, par w_0 la chaleur rayonnée par le filament à la température moyenne T_0 de celui-ci, par m la masse du filament, par c sa chaleur spécifique, Langmuir aboutit à la formule :

$$(17)\quad F = 4\ 100.\frac{w_0}{f\,c\,m\,T_0^2}.$$

La valeur de c n'est pas très bien connue pour le tungstène. Corbino a trouvé 0,0425 cal. à 1 500° ; d'autres expériences conduisent indirectement à la valeur 0,039 pour des températures plus élevées. Adoptant la valeur $c = 0{,}205$ w on a finalement :

$$(17^{bis})\quad F = 20\ 000\frac{w_0}{f\,m\,T_0^2}.$$

De cette formule il résulte : 1° que le vacillement est inversement proportionnel à la fréquence ; 2° qu'il est proportionnel à la consommation d'énergie de la lampe et par suite augmentera avec l'introduction d'un gaz ; 3° que la forme en hélice, qui diminue le rapport $\frac{w_0}{m}$, diminue le vacillement.

Les expériences faites ont vérifié les prévisions de la théorie. On peut donc déduire de la formule le vacillement des lampes au tungstène dans leurs conditions de marche normale pour diverses fréquences. C'est ce qui a été fait dans les tableaux XII et XIII.

Tableau XII. — *Vacillement d'une lampe au tungstène, 110 volts, dans le vide.*

WATTS	AMPÈRES	WATTS PAR BOUGIE	F		
			20 périodes	40 périodes	60 périodes
10	0,091	1,30	1,08	0,68	0,45
15	0,136	1,25	0,87	0,54	0,36
20	0,182	1,17	0,72	0,45	0,30
25	0,228	1,14	0,64	0,40	0,27
40	0,363	1,10	0,48	0,30	0,20
60	0,545	1,07	0,37	0,23	0,15
100	0,910	1,02	0,27	0,17	0,11
150	0,136	0,90	0,22	0,14	0,09
250	2,270	0,90	0,16	0,10	0,07
500	4,55	0,90	0,10	0,06	0,04

(1) *General Electric Review*, mars 1914.

Tableau XIII. — *Vacillement des lampes à filament de tungstène enroulé en hélice, dans l'azote.*

AMPÈRES	WATTS PAR BOUGIE	F		
		25 p : sec	40 p : sec	60 p : sec
3,0	0,9	0,25	0,15	0,10
5,0	0,7	0,14	0,08	0,06
6,6	0,6	0,11	0,07	0,05
10,0	0,55	0,08	0,05	0,04
20,0	0,40	0,05	0,03	0,02

Les données, reproduites dans le tableau XIII, montrent que les lampes dans l'azote vacillent très peu. Une lampe de 5 A à 25 p : sec, par exemple, montre un vacillement de 0,14, c'est-à-dire trop faible pour être perceptible.

Répartition de la lumière. — Par suite de la dyssymétrie du filament, la répartition de la lumière dans une lampe à incandescence varie non seulement avec l'inclinaison du rayon mais avec son azimut. Toutefois : 1° les sections horizontales de la surface photométrique sont en général des courbes semblables entre elles ; 2° la distribution, pour différentes inclinaisons avec la verticale, est sensiblement la même dans tous les plans azimutaux. — Il suffit alors d'étudier :

1° Les variations de l'intensité suivant les différentes directions azimutales dans le plan équatorial ;

2° Les variations avec l'inclinaison dans un plan vertical quelconque.

Intensité lumineuse horizontale. — L'intensité lumineuse des *lampes à filament métallique* varie relativement peu dans un plan horizontal suivant les différentes directions. Pour une lampe au tantale, Laporte a obtenu les résultats suivants :

Angle.	Intensité lumineuse en bougies décimales.
0°	20,6
90°	20
180°	20,3
270°	20

Les variations sont plus grandes dans les lampes à filament de carbone ainsi que le montrent les nombres du tableau ci-dessous obtenus sur une lampe Edison avec filament en U (l'origine des azimuts coïncide avec le plan perpendiculaire à la base des filaments) :

Azimut.	Intensité horizontale.
0°	16,61 minimum
30	18,2
60	20,45
90	20,88 maximum
120	20,82
150	18,86
180	16,87 minimum
210	18,48
240	20,74
270	21,1 maximum
300	20,93
330	18

Les variations de l'intensité horizontale atteignent

Digitized by Google

dans un grand nombre de lampes des valeurs relatives encore plus grandes. Aussi est-il préférable d'envisager l'*intensité horizontale moyenne* qui est la moyenne des intensités horizontales relevées dans un certain nombre d'azimuts et qu'on peut souvent, pour les lampes d'un même type, obtenir en multipliant l'intensité horizontale mesurée dans le plan du filament par un facteur constant ; ce facteur reste compris entre 0,8 et 0,9 pour les lampes à filament de carbone.

Intensité lumineuse dans un plan vertical. — La variation suivant les différentes directions est beaucoup plus grande dans un plan vertical que dans un plan horizontal ainsi que le montrent les résultats indiqués dans le tableau XIV qui résume les mesures effectuées sur une lampe au tantale par M. Laporte (1911) et sur une lampe au carbone à l'Institut Franklin (1) (1891) :

Tableau XIV. — *Répartition de l'intensité lumineuse dans un plan vertical.*

1° *Essais de M. Laporte sur des lampes métalliques (1911).*

Angles avec la verticale	Intensités lumineuses en bougies décimales			Observations
	Tantale 20 bougies	Métal. 16 bougies	Etoile. 16 bougies	
0°	4,5	2	12,9	Verticale de la lampe, côté de la pointe.
22°30′	10,3	6,3	12,6	
45°	16,8	11,7	15,1	
67°30′	19,5	15,1	16,8	
90°	20,9	16	16	Horizontale de la lampe.
112°30′	19,7	14,4	14,7	
135°	15,8	10,6	10,2	
157°30′	7,5	4,8	1,7	
180°	0	0	0	Verticale de la lampe, coté du culot.

2° *Essais sur des lampes à filament de charbon (1891, Institut Franklin).*

Angles avec la verticale	Azimut de 0°	Azimut de 90°	Observations
0°	3,57	3,08	Verticale de la lampe, côté de la pointe.
30	8,25	11,54	
60	14,96	18,21	
90	16,82	20,87	Horizontale de la lampe, coté droit.
120	14,84	17,85	
150	9,07	11,11	
180	0	0	Verticale de la lampe, côté du culot
210	9,84	11,68	
240	15,06	17,69	
270	16,7	20,64	Horizontale de la lampe côté gauche.
300	15,02	18,31	
330	9,54	11,93	

(1) V. David, *loc. cit.*, p. 108.

Toutes ces lampes donnent leur maximum d'intensité lumineuse dans le plan équatorial de la lampe et leur minimum dans la direction de la verticale, minimum qui serait presque nul sans la réflexion sur le verre. La variation suivant les différentes directions suit approximativement la loi de Lambert

$$I\alpha = I_h \cos \alpha,$$

α désignant l'angle avec le plan horizontal. Cette distribution est défavorable pour la plupart des applications si on ne l'améliore pas par l'emploi de réflecteurs ou de globes ou par le dépolissage de l'ampoule. Mais le dépolissage complet entraîne une grande perte de lumière. La solution la plus en faveur aux Etats-Unis consiste dans la combinaison du dépolissage de la calotte inférieure de l'ampoule avec l'emploi d'un réflecteur holophane à surface intérieure lisse et à surface extérieure formée de prismes à réflexion totale (1).

Des dispositifs récents ont été imaginés pour améliorer la répartition de la lumière. Dans le dispositif préconisé par Mme Laigros (2) le filament supporté par des crochets est disposé suivant une forme tronconique ; à l'intérieur de ce tronc de cône est placé un miroir de la même forme, de sorte que les rayons lumineux sont réfléchis de tous côtés. La « Westinghouse Metal Filament Lamp Co » a décrit également un dispositif permettant la répartition de la lumière dans toutes les directions (3).

Intensité lumineuse moyenne sphérique. — L'intensité lumineuse moyenne sphérique d'une lampe est l'intensité qu'elle produirait dans une direction quelconque si le même flux total de lumière était uniformément réparti. La détermination de cette constante prend une grande importance, car la mesure de l'intensité lumineuse dans une direction donnée ne fournit qu'une notion très vague et très inexacte de la valeur relative de deux sources lumineuses.

1° On peut déterminer l'intensité lumineuse moyenne sphérique par une sorte d'intégration en utilisant les mesures faites suivant un grand nombre de directions différentes ;

2° On peut l'évaluer beaucoup plus facilement, par une simple mesure, au moyen du *lumenmètre* de M. Blondel ;

3° On peut d'ailleurs souvent établir, pour chaque type de lampe, un coefficient de réduction permettant de passer de l'intensité moyenne horizontale à l'intensité moyenne sphérique.

Le tableau XV renferme les moyennes de résultats obtenus avec des lampes de divers types (4).

Eclat. — L'éclat d'une lampe à incandescence est le rapport de l'intensité lumineuse (mesurée normalement) à la surface du filament. Le tableau XVI donne, d'après

(1) David, *loc. cit.*, p. 110.
(2) *Brevet français, n° 467187*, publié le 5 juin 1914.
(3) *Brevet français, n° 467221*, publié le 6 juin 1914.
(4) David, *loc. cit.*, p. 110.

Digitized by Google

TABLEAU XV. — *Valeurs pour divers types de lampes du rapport de l'intensité moyenne sphérique à l'intensité moyenne horizontale.*

TYPE DE LAMPE	RAPPORT DE L'INTENSITÉ MOYENNE SPHÉRIQUE A L'INTENSITÉ MOYENNE HORIZONTALE
Carbone (simple boucle)....	0,84
Tantale.....	0,76
Nernst.....	0,61
Tungstène.....	0,75
Tungstène (forme étoile)...	0,84
Osmium.....	0,74
Osram.....	0,81
Lampe Osram « demi-watt » (à atm. d'az).....	0,90 environ

Morris [1] l'éclat des lampes électriques à incandescence :

TABLEAU XVI. — *Éclat des lampes à incandescence.*

NATURE DU FILAMENT	BOUGIES OU WATTS	VOLTS	WATTS PAR BOUGIE	ÉCLAT (EN BOUGIES PAR CM²)
Carbone.....	50[b]	100	3,5	60
	50[b]	200	4,0	67
Nernst.....	66[b]	95	1,8	340
Osmium.....	32[b]	55	2,9	83
Tungstène étiré...	54,5[b]	100	1,1	160
	52[b]	200	1,15	175
« Demi-watt »....	360[w]	80	0,67	800
	1 490[w]	240	0,58	840
Arc incandescent au tungstène...	100[b]	50(?)	0,65	2 000

On peut remarquer que les progrès réalisés au point de vue du rendement dans les sources lumineuses s'accompagnent généralement d'un accroissement de concentration de la lumière, cet éclat pouvant atteindre 800 bougies : cm² dans les lampes à atmosphère gazeuse. Il devient alors nécessaire de protéger l'œil contre la lumière directe du filament par l'emploi de réflecteurs convenables.

Signalons, en passant, que les éclats élevés, qui sont désavantageux pour l'éclairement des locaux, conviennent au contraire parfaitement pour certains problèmes d'optique (cinématographie, projections lumineuses, projecteurs, etc.). Dans ces cas, la source doit s'approcher le plus possible d'un point lumineux et jusqu'ici c'est l'arc électrique qui réalise le mieux cette condition. On peut s'en approcher au moyen des spirales serrées de tungstène qu'on utilise dans les lampes à atmosphère d'azote. Il est vrai que la source n'est pas alors un point mais une série complexe de lignes qui se trahissent dans la projection.

(1) MORRIS. *Transaction of the Illuminating Engineering Society*, janvier 1916, p. 7.

FONCTIONNEMENT ÉCONOMIQUE DES LAMPES A INCANDESCENCE. — Le prix de revient de l'éclairage par incandescence est fonction à la fois de l'énergie électrique consommée dans la lampe et des frais d'entretien (qui se bornent ici aux frais d'achat de nouvelles lampes). — Le coût de la bougie-heure est donc la somme de la dépense par bougie-heure d'achat des lampes et de la dépense d'énergie électrique par bougie-heure. Il peut se déduire de la formule suivante :

$$P = \underbrace{\frac{p}{Bt}}_{\text{Coût d'acquisition des lampes}} + \underbrace{\frac{p'W}{1\,000}}_{\text{Coût de l'énergie}}$$

en appelant :

P, le coût de la bougie en centimes ;

p, le prix d'achat d'une lampe en centimes ;

p' le prix du kilowatt-heure en centimes ;

B, l'intensité lumineuse de la lampe en bougies ;

W, la consommation spécifique (valeur moyenne) en watts par bougie ;

t, la durée pendant laquelle la lampe a fonctionné.

Or, la consommation spécifique W et l'intensité lumineuse B varient pendant le fonctionnement de la lampe ; il en résulte donc que le prix de la bougie-heure variera avec la durée du service de la lampe. Comme, d'autre part, le coût de la lampe rapportée à la bougie-heure diminue au fur et à mesure que la lampe fonctionne, on conçoit qu'il arrive un moment où la consommation spécifique aura pris une valeur assez élevée pour qu'il soit plus économique de remplacer la lampe par une neuve que de conserver en service la première lampe. M. O'Keenan a donné une méthode permettant de déterminer le moment auquel il convient de procéder à ce remplacement [1].

Sans calcul, les considérations suivantes [2] permettent de se rendre compte des conditions dans lesquelles l'éclairage sera économique.

Une longue durée des lampes est incompatible avec une production intensive de lumière ; l'une ne peut être obtenue qu'au détriment de l'autre. Il s'ensuit qu'une lampe sera d'autant mieux utilisée qu'on saura mieux proportionner ces deux quantités variables. Si, lorsque la tension de la ligne augmente, le coût par bougie décroît, il n'en est pas moins vrai que les dépenses en lampes par bougie augmentent. Comme, jusqu'à une certaine tension, l'économie réalisée d'une part est supérieure au surcroît de dépenses faites de l'autre, il y a lieu, dans la détermination de la tension sous laquelle doit fonctionner une lampe, de tenir compte non seulement de la durée de service désirée, mais aussi de cette tension limite qui a son importance au point de vue économique.

Prenons comme exemple une lampe de 40 w dont la durée normale est 1 000 heures. Elle consommera donc

(1) V. DAVID, *loc. cit.*, p. 123.

(2) M. D. COPPER. *General Electric Review*, 1er janvier 1915. Analysé dans *La Lumière électrique*, 27 février 1915, 3e série, t. XXVIII, p. 176.

Digitized by Google

40 kw-h, ce qui équivaut à une dépense d'énergie de 15 à 20 fr. La lampe ne coûtant que 1,50 fr environ, soit moins du dixième du prix de l'énergie consommée par elle, il ne paraît pas économique de la conserver aux dépens du rendement de sa consommation propre.

D'une élévation de 1 pour 100 dans la tension d'alimentation d'une lampe Mazda résultent : une augmentation de 3,5 pour 100 de son intensité lumineuse, une diminution de 0,5 pour 100 de sa consommation spécifique et un accroissement de dépenses en renouvellement de lampes de 15 pour 100. Puisque le coût du renouvellement est généralement inférieur au dixième du coût de la consommation totale, à une augmentation de 15 pour 100 du premier correspond un accroissement de 1,5 pour 100 environ du deuxième. Par conséquent, une élévation de voltage de 1 pour 100 augmentera de 2 pour 100 les dépenses de consommation. Comme l'augmentation correspondante en intensité lumineuse est 3,5 pour 100 il s'ensuit que chaque élévation d'un centième de la tension entraîne, pour le client, un gain net de 1,5 pour 100 dans la production de lumière.

D'autre part, les frais de renouvellement montant relativement plus vite que ceux de la consommation, il existe une limite de tension qu'il n'est plus économique de dépasser. Au prix courant de l'énergie électrique, cette limite est comprise entre 4 et 8 v au-dessus de la tension normale des lampes. En particulier, si celles-ci ont été employées sous une tension supérieure à la normale, il en résultera, en la poussant à la limite précédente, un bénéfice plus grand pour le client et une augmentation de recettes pour l'usine. Ceci semble établir le point paradoxal suivant : une élévation de tension par la station centrale est profitable à la fois au fournisseur d'énergie, au consommateur et aux fabricants de lampes. Il est vrai que les dépenses du client ne diminuent pas de ce fait, mais à égalité de dépenses, il obtient plus de lumière.

Emploi des lampes a incandescence pour l'éclairage public (1). — Aux États-Unis, l'éclairage public par les lampes à incandescence à atmosphère d'azote commence à prendre un développement important. Ainsi à Chicago, on trouve déjà en service sur la voie publique plus de 8000 lampes de 600 bougies (300 w, 20 a).

Beaucoup ont été substituées à des arcs de 7 a à courant continu sur lesquels elles présentent quelques avantages : plus grande facilité d'emploi, répartition plus uniforme de la lumière, moindres frais d'installation et d'entretien. De plus, elles permettent d'augmenter de 30 pour 100 le nombre de bougies données par les arcs-flamme à dépense égale d'énergie; en effet, les nouvelles lampes à incandescence de 300 w donnent un pouvoir éclairant de 600 bougies et remplacent des lampes à arc en vase clos de 250 bougies consommant 450 w. Les dépenses totales annuelles par lampes sont moindres pour les lampes à incandescence que pour les lampes à arc.

(1) V. *Electrical World*, 8 mai 1915. Résumé dans *La Lumière électrique*, 2e série, t. XXIX, p. 281, 19 juin 1915.

Conclusion. — Il resterait, pour terminer cette étude trop longue et néanmoins incomplète, à envisager l'état de l'industrie française des lampes à incandescence. Il est difficile de dire quelque chose de précis sur ce qu'elle est à l'heure actuelle. Cela n'aurait, d'ailleurs, qu'un intérêt passager et secondaire, les circonstances dans lesquelles se trouve actuellement toute industrie étant anormales.

Les fabriques françaises produisaient avant la guerre (1) *par jour* cent mille lampes à filament de métal étiré, principalement de tungstène, soit 30 millions de lampes par an et, en plus, des lampes à filament de carbone dont la demande d'ailleurs se restreint d'une façon continue. Ces fabriques pourraient, du jour au lendemain, accroître leur production dans une proportion notable et aussi leur exportation.

Si on en croyait les Allemands, le tungstène étiré serait une spécialité exclusive d'outre-Rhin. Il n'en est rien. Les grandes fabriques françaises préparent elles-mêmes le tungstène métallique et l'étirent en filaments.

Nous gardons l'espérance que les efforts condensés et soutenus de notre industrie édifieront une construction qui, non seulement satisfera les besoins de la clientèle française, mais débordera au delà des frontières (2).

A. Boutaric,
Chargé d'un cours complémentaire d'électricité industrielle à l'Université de Montpellier.

(1) V. Hillairet. La construction électrique assurée par l'industrie française, conférence faite devant les membres de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale, le 6 mars 1915, *La Revue électrique*, 19 février 1915, t. XXIII, p. 179.

(2) Voici, d'après M. Hillairet, quelques chiffres relatifs au commerce des lampes à incandescence (les chiffres représentent des milliers de francs).

	en 1913	en 1912	en 1911
Importations :			
Lampes à filament de carbone	50	125	424
Lampes à filament métallique..	2 186	3 394	3 273
Exportations :			
Lampes à incandescence.....	1 788	1 619	1 710

Il y a eu, en 1913, un affaiblissement considérable de l'importation par suite de la création de fabriques de lampes au tungstène.

Digitized by Google

Revues, analyses et informations

Protection des points neutres de transformateurs contre les ondes instantanées destructives (1).

Il est d'une pratique courante de protéger, au moyen d'un éclateur, les enroulements basse tension d'un transformateur contre les potentiels excessifs qui peuvent y être induits par des effets de capacité entre enroulements haute tension et basse tension, en cas de surtension dans les premiers. Mais il existe aussi, du côté à haute tension, un danger distinct, moins connu, et contre lequel ne protègent pas les parafoudres de fabrication américaine, tels que le type électrolytique et le type à intervalles multiples, installés de la manière ordinaire. Voici son origine :

Si, pendant un orage, un nuage se décharge au-dessus d'une ligne de transmission, la charge statique précédemment induite par ce nuage en quantités égales et de même polarité sur les trois fils d'une ligne triphasée, est subitement libérée et se déplace dans les deux directions le long de la ligne. Comme les trois fils d'une même ligne ont même impédance en pratique, de même que les transformateurs d'énergie placés en bout de ligne, la vitesse de propagation de la charge statique libérée est la même dans les trois fils. Donc, le point neutre du transformateur, s'il est monté en étoile, constitue le point de réflexion de ces trois ondes en propagation. Si le potentiel de cette onde, après qu'elle a atteint la station, est inférieur à la valeur pour laquelle les parafoudres sont réglés, elle traversera les transformateurs, et comme les charges des trois fils viendront se réunir au point neutre, elles y élèveront le potentiel à un niveau trois fois plus élevé que leur potentiel unitaire. Cet effet peut avoir des résultats désastreux.

Exemple. — On a vu à plusieurs reprises, aux transformateurs abaisseurs à 66 000 v d'une sous-station, des arcs momentanés jaillir entre les bornes neutres des transformateurs et le bac, la distance étant de 91 cm. Dans un cas, l'arc se forma entre la partie de la borne neutre placée sous l'huile et le fer du transformateur.

Pour ouvrir une voie de décharge à ce potentiel dangereux, on compte installer un parafoudre à intervalles multiples entre le point neutre et la terre, parafoudre qu'on réglera pour laisser passer la décharge à 42 000 v. Cette tension de décharge élevée a été choisie parce que, à l'usine génératrice, le point neutre des transformateurs est mis à la terre par l'intermédiaire d'une résistance métallique afin d'éviter une interruption de service en cas de terre accidentelle sur un des conducteurs de ligne, ce qui établit alors une tension de 38 000 v entre le point neutre des transformateurs et la terre. On a choisi un parafoudre à intervalles plutôt qu'un électrolytique, à cause du dispositif spécial et de la surveillance qu'exige celui-ci.

En attendant la livraison du parafoudre, on a installé un appareil provisoire qui se compose de deux boules de zinc de 127 mm de diamètre, placées à 152 mm d'écartement, supportées chacune par une tige de fer et reliées respectivement au point neutre et au sol. On a choisi un éclateur à sphères parce qu'il est plus sensible aux ondes instantanées qu'un éclateur à aiguilles.

Cet appareil a très bien fonctionné pendant des orages récents; on a vu, à maintes reprises, des décharges franchir l'intervalle d'éclatement. Il faut noter que les sphères avaient d'abord été placées, par erreur, à un écartement de 305 mm et que, même avec ce grand éloignement, on a observé des décharges, ce qui indique une différence de potentiel de 350 000 v environ entre neutre et sol.

Ces perturbations ne se produisent que sur le neutre des transformateurs de la sous-station, non à l'usine génératrice où la résistance métallique intercalée entre neutre et terre sert à l'écoulement de ces charges instantanées.

Le danger dû à cette cause ne se présente que dans les transformateurs montés en étoile, où le neutre agit comme point de réflexion. Si c'est le montage en triangle qui est adopté du côté haute tension, la charge, en arrivant, se divise à chaque sommet du triangle, une moitié entrant dans un des transformateurs et l'autre dans l'autre. C'est alors le point milieu de chaque transformateur qui est dans ce cas le point de réflexion, mais le niveau de potentiel en ce point ne sera, par suite, pas plus élevé que celui de la charge primitive sur chaque fil de ligne à l'entrée du transformateur. Cela n'empêche pas que des potentiels plus élevés que celui de la charge originelle peuvent naître dans l'enroulement du transformateur en raison des surtensions que la réactance peut faire naître en présence de la haute fréquence et des fronts d'onde raides. Cependant, comme l'expérience prouve que les charges statiques passent réellement à travers le transformateur et accumulent au point neutre des potentiels destructeurs, il est probable que leur front d'onde est devenu moins raide, à cause de l'impédance de la ligne de transmission entre le point de décharge orageuse et la station transformatrice. Il semble donc que ce danger de l'élévation de potentiel au point neutre soit plus grand pour les longues lignes que pour les courtes, car, dans celles-ci, l'impédance peut n'être pas assez forte pour étaler le front de l'onde de telle sorte qu'elle puisse passer à travers les enroulements. Mais, dans ce dernier cas, le danger pour le transformateur vient de surtensions internes dues à la réactance.

Il faut donc protéger le point neutre des batteries de transformateurs, spécialement sur les longues lignes. On peut obtenir une protection supplémentaire avec des parafoudres à condensateurs, qu'on ne fabrique jusqu'ici qu'en Europe, installés aux entrées du transformateur du côté de la ligne ; ils tendent à absorber toutes les charges en mouvement à front d'onde raide ou à haute fréquence et réduisent par là le danger des surtensions internes.

P. L.

(1) Max H. Collbohm. Communication présentée à l'American Institute of Electrical Engineers, le 14 février 1917. *Proceedings of the A. I. E. E.*, février 1917, t. XXXVI, p. 139-142.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

Le relief de charge du Sud-Électrique

L'exploitant d'une distribution d'énergie électrique doit connaître parfaitement la marche de son exploitation qui se traduit notamment par la production de courant. Il dispose, à cet effet, de tableaux et de graphiques journaliers qui lui donnent, jour par jour, la courbe de l'énergie produite à l'usine; en feuilletant ces graphiques placés dans leur ordre chronologique, il obtient un aperçu pour ainsi dire cinématographique de son exploitation, mais ce ne sera qu'un aperçu vague, approximatif et ne présentant aucune précision. Le procédé du « relief de charge » décrit ci-dessus consiste à ramener l'aperçu cinématographique à un exposé graphique *qui donne d'emblée la marche de l'exploitation pendant plusieurs mois ou plusieurs années.*

Nous avons déjà exposé (1) un procédé de représentation graphique de la marche d'une entreprise de distribution électrique que nous avons désigné sous le nom de « relief de charge ». Ce procédé consiste à juxtaposer, dans l'ordre chronologique, les courbes de charge journalières de façon à en donner un aperçu d'ensemble s'étendant sur une ou plusieurs années; le relief se présente sous la forme d'une carte géographique avec courbes de niveau où les altitudes sont remplacées par la quantité d'énergie débitée en un moment quelconque par l'usine électrique. En coupant une carte géographique par un plan vertical, on obtient un profil du terrain; avec le relief de charge, le plan étant parallèle à la ligne horizontale, on obtient la courbe journalière de débit, c'est-à-dire le profil de l'énergie débitée pendant les 24 heures de la journée. Si la coupe est faite au contraire suivant une ligne verticale, par exemple, suivant la ligne de 6 heures du soir, on obtient le profil de l'énergie débitée à 6 heures du soir pendant l'année ou les années successives; cette courbe s'élève pour atteindre son maximum en hiver et s'abaisse au contraire en été.

La représentation par courbes de niveau permet d'assimiler entièrement le relief de charge à une carte géographique. La surface décrite par une courbe de niveau représente donc, mesurée à l'échelle voulue, le nombre d'heures pendant lequel l'usine a produit une puissance déterminée. En additionnant toutes les surfaces et en multipliant ce total par l'équidistance entre deux courbes successives (200 kw dans le présent cas), ce qui revient à calculer le volume de la montagne représentée par le relief, on obtient la quantité totale d'énergie (en kilowatts-heure) débitée par l'usine électrique.

Nous reproduisons ci-dessous deux reliefs de charge de la Société « Le Sud-Electrique » qui exploite un vaste réseau de distribution dans les départements des Bouches-du-Rhône, Gard, Vaucluse et Hérault. Cette Société ne produit pas elle-même son courant, mais l'achète en gros.

1° A la Société l'Energie électrique du Littoral méditerranéen, au kilowatt-an;

2° A la Société d'Electricité de la vallée du Rhône suivant un contrat analogue;

3° A la Société des Forces motrices de la Vis dont le Sud-Electrique exploite l'usine.

Un moteur à combustion interne de 1000 kw, qui vient d'être installé à Avignon, permet au Sud-Electrique d'assurer plus facilement ses pointes.

Les deux reliefs s'étendent chacun sur trois années environ; le premier, de 1912 à janvier 1915, avec la période du début de la guerre qu'on remarque à la chute subite de l'énergie débitée sur le réseau; le deuxième, de la déclaration de guerre à mars 1917.

L'examen et la comparaison des reliefs permettent de faire des observations intéressantes :

Ce qui attire d'abord l'attention, ce sont les massifs du soir pendant les périodes d'hiver. Ces massifs sont presque identiques; ils étaient un peu plus larges et plus étalés avant la guerre qu'actuellement; cela est dû, d'une part, à la fermeture des cafés et spectacles à une heure déterminée, d'autre part, probablement aux habitudes d'économie et de vie plus régulière de la population.

Il semble étrange que les pentes Nord des massifs soient plus abruptes que leur versant Sud; on peut l'attribuer au fait qu'après les belles et longues soirées d'automne les habitants ont quelque difficulté à passer au régime d'hiver et qu'ils se couchent plus tard en octobre qu'en mars.

L'avance de l'heure en mars 1917 se fait très bien sentir par le ravin profond et incliné de l'Ouest à l'Est qui coupe le massif du soir.

Cette avance de l'heure est aussi indiquée, en juin 1916, par l'incurvation vers l'Est des courbes de niveau et inversement, en septembre 1916.

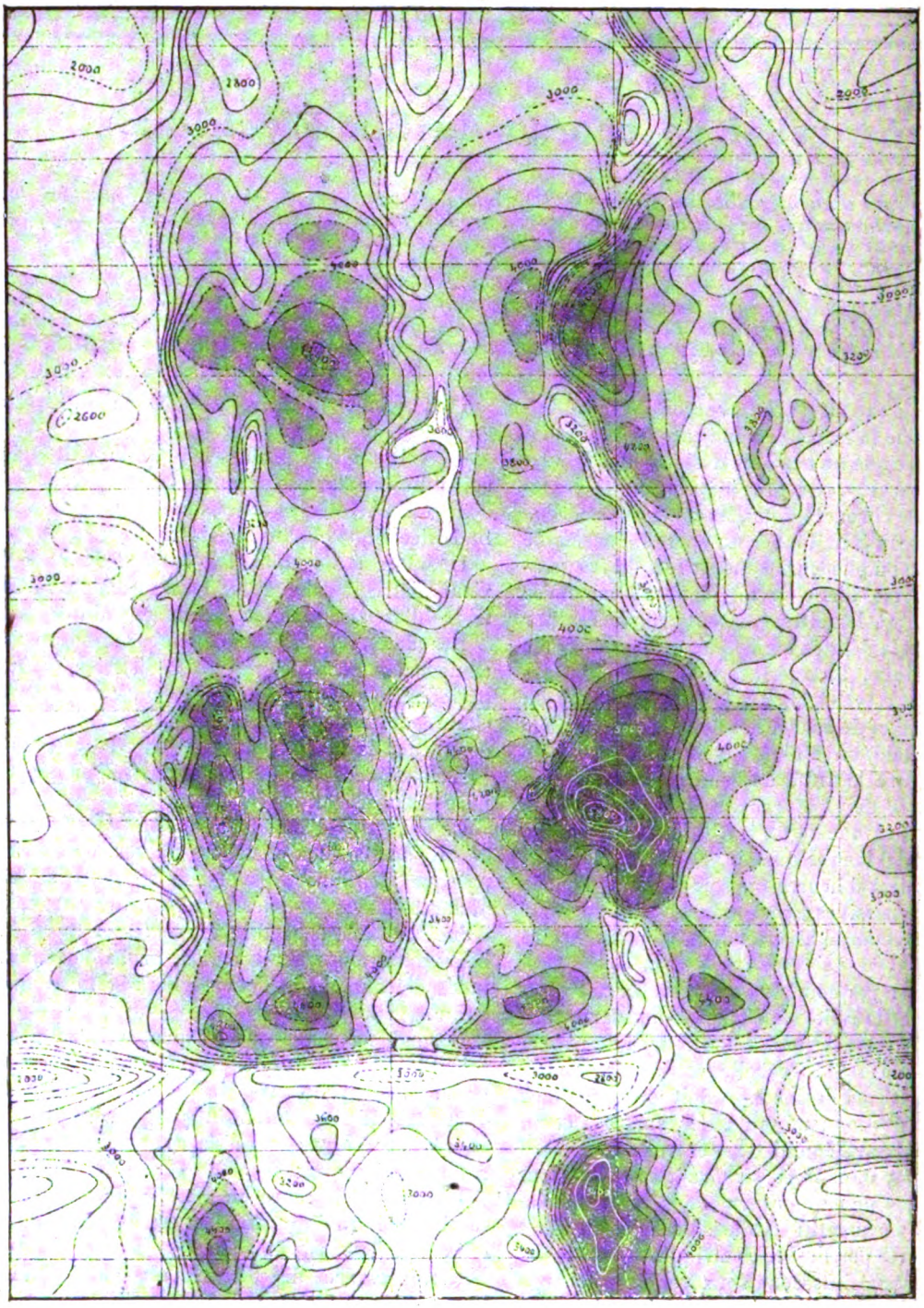
L'éclairage du matin se remarque à la succession de collines qui ont également leur point culminant en janvier; d'autres collines se trouvent vers 10 heures du matin en octobre et avril; nous n'avons pu en trouver la cause.

(1) *La Lumière électrique*, 8 mai 1915.

Digitized by Google

1912 - 1915

6 heures. 12 heures. 18 heures. 24 heures.



Avril 1912.
Juillet.
Octobre.
Janv. 1913.
Avril.
Juillet.
Octobre.
Janv. 1914.
Avril.
Juillet.
Octobre.
Janv. 1915.

6 heures. 12 heures. 18 heures. 24 heures.

Les vallées sont de trois natures différentes :

a) Les larges vallées qui s'étalent la nuit entre 6 heures du soir et 6 heures du matin, et le jour, quoique moins accentuées, entre 6 heures du matin et 6 heures du soir ;

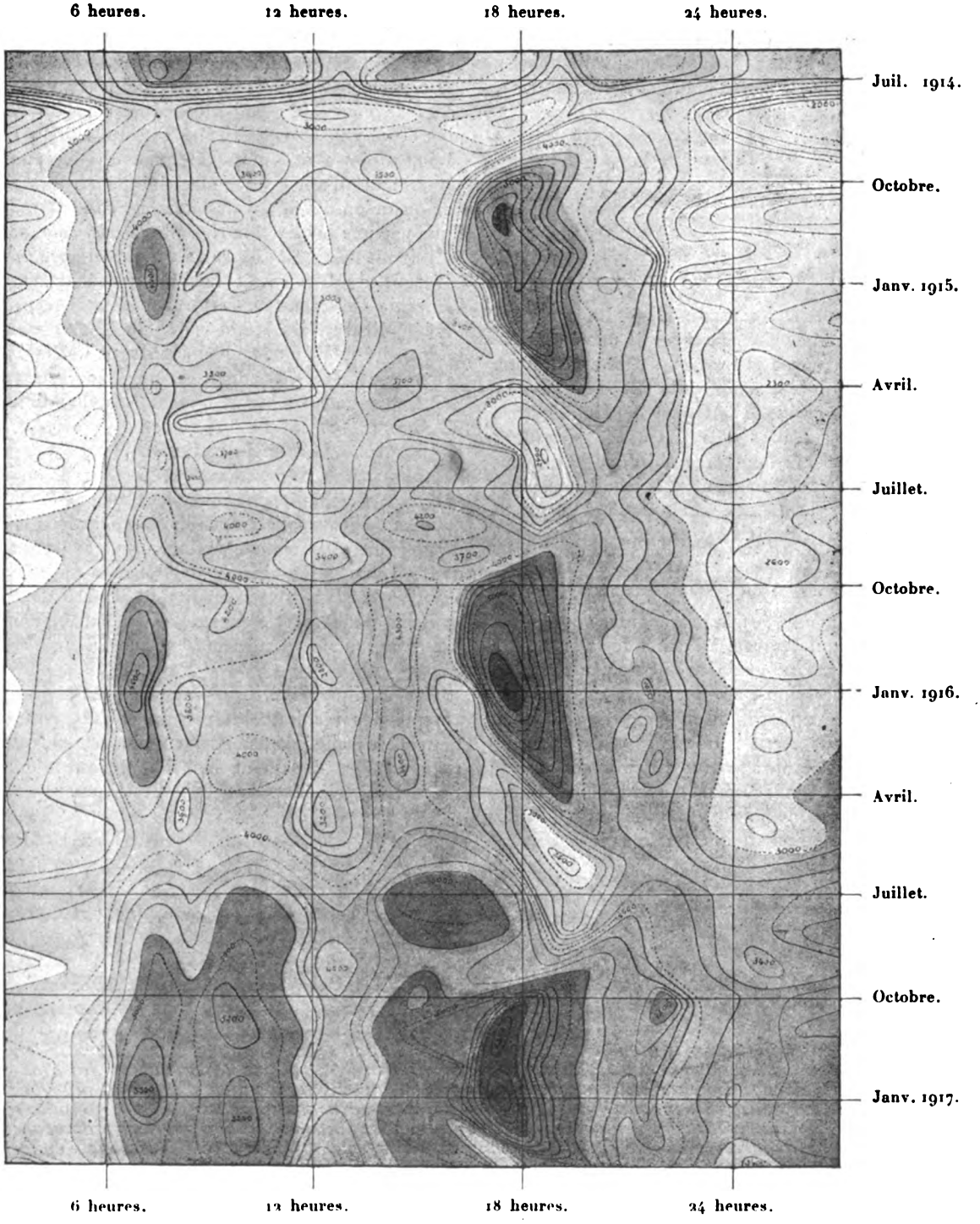
d) Le ravin qui descend verticalement du Nord au

Digitized by Google

Sud, entre midi et 2 heures, et qui correspond au repos de midi;

c) Les dépressions qui se présentent en divers endroits, mais dont la plus caractéristique est celle qui

1914 - 1917



borde, du Nord-Ouest au Sud-Est, les massifs d'éclairage du soir. L'explication en est très simple; en hiver, l'éclairage se superpose à l'énergie utilisée dans les ateliers jusque vers 6 heures du soir; en été, au contraire, il y a un trou entre ces deux emplois de l'électricité, c'est le moment où, les ateliers étant fermés, l'éclairage

Digitized by Google

n'est pas encore utilisé; de là cette dépression, la plus profonde de la journée.

Si nous examinons dans leur ensemble ces deux reliefs, nous sommes frappés du massif montagneux qui commence à s'élever à partir de juillet 1916; toute la courbe, aussi bien pendant la journée qu'au moment des pointes, se relève de près de 1 000 kw, cela provient de la mise en service de grosses industries travaillant sans discontinuité pour la Défense nationale (poudreries, produits chimiques, etc.).

Quelles conclusions pratiques peut-on tirer de l'étude du relief?

Il est évident que les résultats de l'exploitation seront d'autant meilleurs que le relief sera plus nivelé. On peut donc, soit chercher à combler les vallées, soit chercher à diminuer les montagnes.

Question des vallées : clientèle. — La meilleure clientèle pour les vallées du type *a* serait une industrie électrochimique marchant la nuit et s'arrêtant le jour. Pour le ravin du midi, il semble difficile d'en trouver l'utilisation. On est arrivé à l'atténuer depuis la guerre par un décalage des heures de repas dans les usines; mais c'est là une mesure de guerre qui disparaîtra probablement avec le rétablissement des conditions normales. Enfin, pour la dépression oblique du soir, il faudrait trouver une industrie ayant besoin d'énergie à ce moment.

Question des montagnes : production. — Cette question est intimement liée à la précédente, notamment au Sud-Electrique qui dispose, à l'usine de la Vis, d'un réservoir de 11 000 m³ (ou 2 000 kw-h); on peut, en effet, au moment des dépressions, accumuler les eaux dans le réservoir pour les utiliser au moment des pointes. Prenons, par exemple, avril 1916 : la capacité de réservoir (2 000 kw-h) est égale à 200 kw (équidistance), 10 h; il suffit donc, en partant du sommet d'avril, d'additionner les largeurs du massif de pointe aux différentes courbes de niveau jusqu'à ce qu'on ait un total de 10 h. On arrive ainsi à la courbe 3 400, ce qui revient à dire que la pointe limitée par la ligne 3 400 représente 2 000 kw-h, et que cette pointe peut être assurée par le réservoir de la Vis. Une fois vidé, le réservoir pourra se remplir à nouveau pendant la nuit ou au moment des dépressions de midi et 6 h. du soir.

La même question se poserait, quoique d'une manière plus accentuée, pour les mois d'hiver.

Le régime de la Vis s'adapte d'ailleurs très bien au relief de charge du Sud-Electrique, car son débit est plus élevé en hiver qu'en été. Si cette rivière avait un régime alpin, c'est-à-dire maximum du débit en été, il est certain qu'une grande quantité d'énergie serait perdue ou qu'on devrait compléter la production hydraulique par une production thermique très coûteuse.

Il serait très facile de calculer la meilleure puissance à forfait qu'il y aurait lieu de souscrire auprès de l'Energie électrique du Littoral méditerranéen et de la Société d'Électricité de la vallée du Rhône connaissant la quantité totale d'énergie disponible à la Vis.

On peut d'abord admettre que les sommets des pointes sont coupés par le moteur à combustion interne d'Avignon (à raison de 600 ou 800 kw). Le réservoir de la Vis prend la tranche suivante jusqu'à concurrence de 2 000 kw-h; au-dessous, le débit de la Vis assure une nouvelle tranche proportionnelle à son débit et toute la partie inférieure, qui a été ainsi nivelée dans la mesure du possible, est attribuée aux achats de courant à forfait dont on détermine ainsi la puissance la plus favorable. Il suffit de planimétrer ensuite la surface des courbes pour obtenir la part d'énergie incombant à l'usine de la Vis et au moteur d'Avignon.

Ces quelques indications permettent de se rendre compte des résultats intéressants qu'on peut tirer de l'étude du relief de charge, en plus de la valeur que représente ce document dans l'historique d'une entreprise de distribution d'énergie électrique.

Max Du Bois.

Des cas de surtensions qui ne devraient pas se présenter

Nous avons publié dans le numéro du 28 avril, p. 645, l'analyse d'un rapport « sur la protection des installations électriques contre les surtensions » élaboré par l'Association suisse des Electriciens. Un de nos lecteurs nous signale, à ce sujet, un cas particulier d'accident dû aux sustensions et provoqué par un défaut d'installation; c'est sa communication que nous publions ci-dessous. Si d'autres lecteurs veulent bien nous signaler des faits semblables, nous les publierons avec grand plaisir, certains que de telles communications permettraient aux électriciens d'éviter un grand nombre d'accidents, ou tout au moins d'empêcher qu'ils se renouvellent.

« La première et la meilleure des solutions pratiques qu'on peut donner au problème de la protection contre les surtensions consiste à prendre des mesures propres à empêcher les dérangements initiaux », c'est ainsi que s'exprime l'Association suisse des Electriciens dans un rapport que la « Revue générale de l'Electricité » a publié dans son numéro du 28 avril, p. 645.

Digitized by Google

J'ai pu constater la valeur de ce conseil, dans un cas particulier, qui intéressera certainement de nombreux électriciens.

Sur un réseau de traction à courant monophasé, 25 périodes, 10000 v, sont branchés un certain nombre de petits transformateurs fournissant le courant d'éclairage des gares dans les petites agglomérations et alimentant quelques petits moteurs isolés.

Les transformateurs sont du type à noyau, à enroulements concentriques disposés dyssymétriquement sur les noyaux, c'est-à-dire qu'une extrémité de l'enroulement primaire est bien isolée de la masse tandis que l'autre extrémité l'est à peine. Les deux extrémités primaires sont réunies à des bornes isolées pour 10000 v dont l'une est reliée à la ligne de contact et l'autre à la terre par des conducteurs isolés. L'installation était complétée au primaire par un interrupteur bipolaire et deux coupe-circuits.

Les transformateurs claquaient très souvent et ce n'est qu'après de nombreux accidents que la cause en fut établie.

La voici : si, par suite d'une surcharge, un seul des deux coupe-circuits fonctionne, ce qui est fréquent, et que ce soit précisément le fusible placé dans la ligne de terre qui fonde, il arrive inévitablement que l'extrémité à peine isolée de l'enroulement se trouve soumise à une tension qu'elle ne peut pas supporter et le transformateur claque.

Le même accident se produisait aussi très souvent au moment de la manœuvre de l'interrupteur bipolaire. Des inégalités entre les contacts des interrupteurs sont inévitables, car, même par l'exécution la plus soignée des appareils, on n'empêche jamais les brûlures de se produire inégalement, des perles métalliques de se former après quelque fonctionnement. Alors, si, au moment de l'enclenchement, le pôle de l'interrupteur branché sur le conducteur reliant le transformateur à la ligne de contact est fermé avant l'autre pôle, l'extrémité à peine isolée du transformateur sera soumise, pendant un instant très court il est vrai, mais qui a été suffisant pour provoquer l'accident, à une tension qu'elle ne peut pas supporter.

Il en est de même lorsque, à l'ouverture de l'interrupteur, le pôle branché sur la ligne de terre est ouvert avant l'autre.

Le même accident se produirait d'autant plus sûrement que la durée de la manœuvre est plus longue, si, au lieu d'un interrupteur bipolaire, on plaçait simplement des coupe-circuits amovibles ou des sectionneurs, comme cela arrive fréquemment pour des installations provisoires, selon l'ordre dans lequel on manœuvrait ces appareils.

Pour remédier complètement à ces accidents, il a suffi de simplifier les installations en ne plaçant les coupe-circuits et interrupteurs que sur le conducteur reliant le transformateur à la ligne de contact, la ligne de terre ne contenant plus aucun appareil de coupure.

Sur le même réseau, un transformateur de grande puissance, alimentant une grosse usine, a subi plusieurs accidents successifs. Ce transformateur avait, comme les petits, une installation bipolaire. Le constructeur ne connaissant pas les conditions d'alimentation de l'appareil l'avait construit comme un transformateur normal, les deux extrémités de l'enroulement primaire étaient isolées aussi bien l'une que l'autre. Mais les claquages ne se produisaient plus entre une extrémité de l'enroulement et la masse, mais entre spires d'un même enroulement et précisément les spires proches de l'extrémité reliée à la terre étaient celles qui ont toujours été les seules atteintes. Comme appareil de coupure et de protection il n'y avait qu'un disjoncteur bipolaire.

L'examen des avaries, chaque fois qu'il y en eut, fit naître la présomption que les claquages ne se produisaient que par suite du fonctionnement du disjoncteur. — Là aussi la tranquillité absolue a été obtenue en remplaçant le disjoncteur bipolaire par un appareil unipolaire, construit, à cause de la grande puissance du transformateur, avec résistance de choc ou de déclanchement et en éliminant tout appareil sectionneur de la ligne de terre.

Ces cas de surtensions sont intéressants parce qu'ils ne se seraient pas produits s'il n'y avait pas eu des défauts de l'installation. Ils prouvent que bien souvent les constructeurs sont accusés à tort de fabriquer du mauvais matériel, et montrent la nécessité de ne confier l'exécution des installations qu'à des personnes qualifiées pour cela.

L'exploitant est très enclin à accuser les constructeurs des accidents qui se produisent dans ses installations. Si la publication de ces cas de surtensions pouvait entraîner la publication de cas analogues et inciter ainsi les ingénieurs, chaque fois qu'un accident se produit, à examiner avec l'esprit de critique nécessaire non seulement la machine avariée, mais aussi la façon dont elle était branchée et installée et les résultats possibles du fonctionnement de tous les appareils branchés dans l'installation, alors le nombre des accidents de surtensions diminuerait considérablement et les fournisseurs resteraient plus facilement en bonnes relations avec leurs clients.

Paul J.-A. Torche.

Digitized by Google

L'exploitation au moyen de locomotives électriques sur le Chicago, Milwaukee & St-Paul Railway

Dans ses numéros des 14 avril 1917, p. 577, et du 2 juin 1917, p. 863, la R. G. E. a donné une description des sous-stations de transformation et des locomotives électriques du Chicago, Milwaukee and Saint-Paul Railway. Il était intéressant de faire connaître au lecteur le mode d'exploitation de cette ligne qui présente certaines particularités.

La mise en exploitation au moyen de locomotives électriques de la section des lignes du Chicago, Milwaukee and Saint-Paul Railway entre Deer Lodge et Three Forks date du mois de décembre 1915 et le service y fut entièrement électrifié en juillet 1916. La mise en exploitation des autres sections a été régulièrement poursuivie depuis cette époque.

La figure 1 indique la répartition des sous-stations le long de la voie. Celle-ci est à simple voie avec des évitements à chaque station, celles-là étant distantes de 2 à 16 km, la distance moyenne étant de 8 km. Outre les rampes particulièrement dures, la ligne présente des courbes dont le rayon le plus faible est de 175 m. Sur la section montagneuse ont été installés des blocks-signaux automatiques et cette application est poursuivie sur les autres sections de la ligne. On peut remarquer, sur le profil de la ligne, l'importance des rampes tant comme longueur que comme pente. Les difficultés d'exploitation sont encore accrues par les conditions climatériques de cette région qui sont particulièrement rigoureuses.

L'exploitation était primitivement effectuée à l'aide de locomotives à vapeur Mallet type Mikado. Bien que le trafic des marchandises soit de beaucoup le plus important, celui des voyageurs mérite également d'être pris en considération.

Par suite de la diversité des types des wagons constituant les trains de marchandises, le problème se trouve plus délicat que celui ne concernant que des wagons d'un même type tel que celui utilisé pour le transport du charbon. En outre, les barres d'attelage des divers

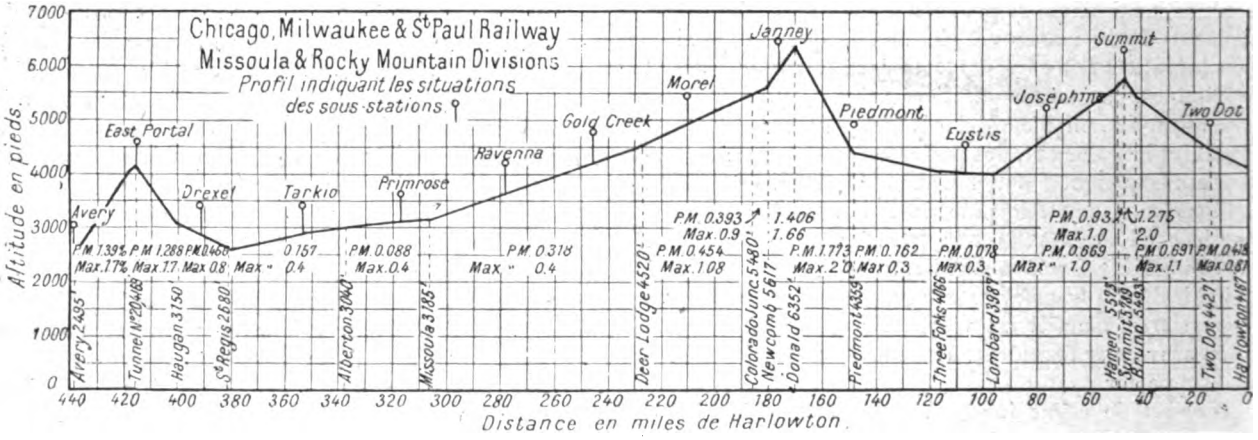


Fig. 1. — Profil en long de la ligne.

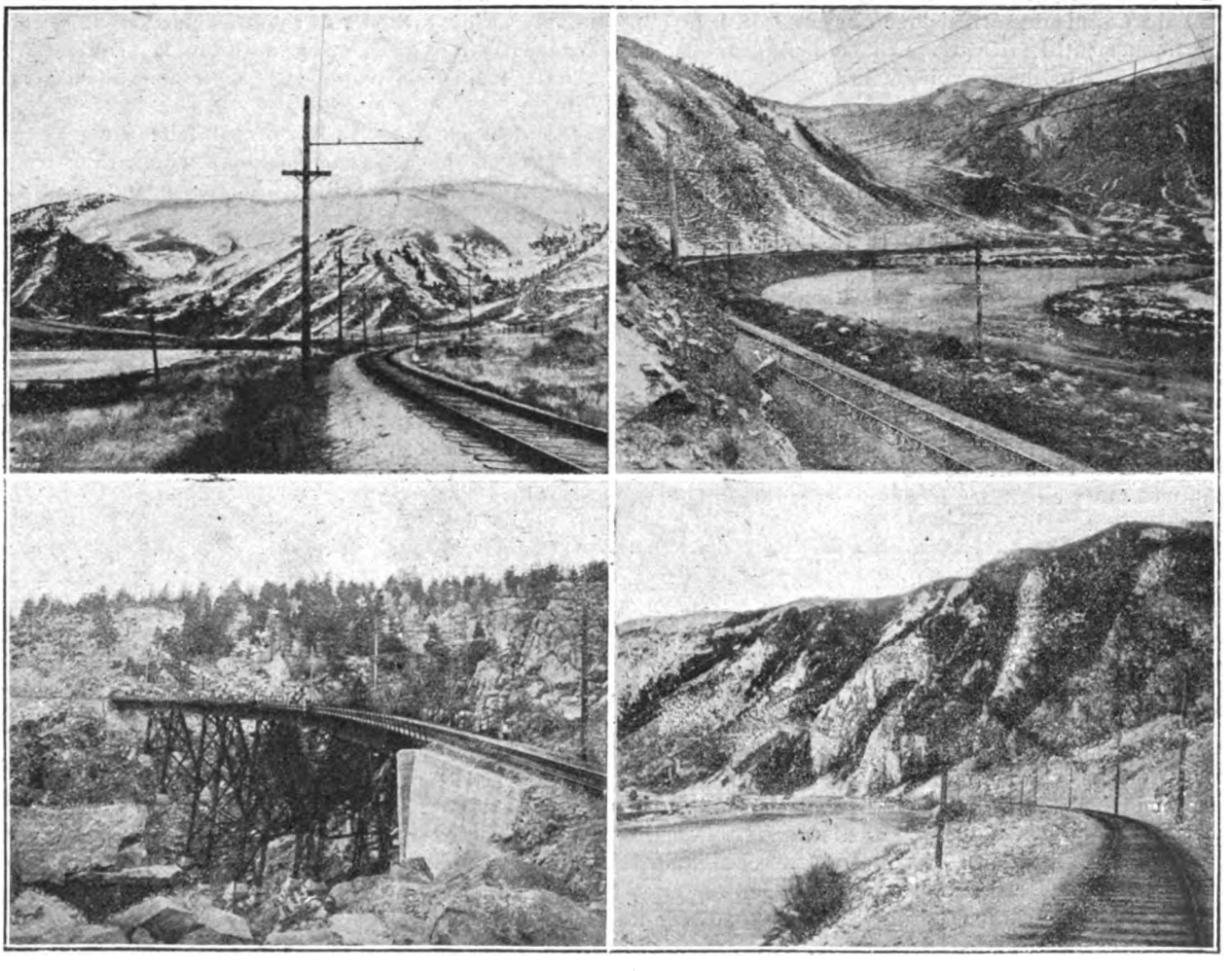
wagons étant le plus généralement munies de ressorts, le jeu pouvant être évalué à 0,30 m par véhicule, la locomotive aura à effectuer un certain parcours avant d'avoir à développer son effort maximum de traction. Le phénomène inverse aura lieu à l'arrêt du train. Il en résulte que le manipulateur devra comprendre un grand nombre de crans de démarrage pour que celui-ci s'effectue progressivement et sans à-coups. A ce point de vue, les locomotives du Chicago, Milwaukee and Saint-Paul Railway ont donné d'excellents résultats. L'effort de traction sur la première touche n'est que de 8 000 kg, soit 28 kg par tonne du poids de la locomotive avec un accroissement régulier du même ordre de grandeur pour les premiers crans de démarrage suivants.

Dans un tel genre d'exploitation, en raison de la configuration du profil, la question du freinage est de la plus haute importance. L'équipement de frein, monté sur ces locomotives, est du type Westinghouse n° 14 E. T. semblable au type n° 6 E. T. qui est d'un emploi très répandu sur les locomotives à vapeur. Cet équipement possède toutefois quelques particularités qui méritent d'être mentionnées. Les valves ou robinets de manœuvre sont au nombre de deux : l'un commandant à la fois les freins des véhicules et ceux de la locomotive, l'autre ne commandant que les freins de cette dernière à l'exclusion de ceux du train. Pour la commodité de l'exposé qui va

Digitized by Google

suivre, nous désignerons, sous le nom de robinet de frein indépendant, celui permettant de serrer ou de desserrer les freins de la locomotive seulement.

Si nous suivons, par la pensée, un train se déplaçant le long de la ligne de Deer Lodge vers Harlowton, nous le verrons effectuer les manœuvres suivantes Ce train d'un poids de 2 700 à 3 200 t métriques remorquées est traîné sur la section Est de Deer Lodge par une seule locomotive. Le train étant formé, ses freins, essieux, etc., sont vérifiés avant l'attelage de la locomotive. Lorsque cette dernière est attelée, les freins sont serrés puis desserrés et le personnel du train en vérifie le fonctionnement. Celui-ci ayant été reconnu satisfaisant, la locomotive est mise en route très progressivement afin de rattraper sans choc le jeu dû aux ressorts des attelages. Lorsque le jeu total a été ainsi rattrapé, rien ne s'oppose à l'accé-



Vue de la ligne à Jefferson.
Pont à Near Donald.

Autre vue de la ligne à Jefferson.
Rivière de Jefferson.

Fig. 2. — Vues diverses de la ligne.

lération cran par cran de la vitesse du train qui n'est limitée que par le patinage des roues motrices, les premiers crans du démarrage ne donnant que l'effort de traction nécessaire à vaincre la résistance propre de la locomotive et celle opposée par les ressorts des attelages.

La locomotive étant en marche parallèle, l'intensité absorbée par chacun des moteurs atteint 150 A, le manipulateur pouvant être placé sur la position de shuntage qui, réalisant un shuntage des inducteurs de 50 pour 100 environ, permet d'obtenir un accroissement de vitesse de 8 km : h.

Le train s'arrête à la station de Butte non figurée sur le profil et qui se trouve entre Colorado Junction et Newcomb au commencement de la section la plus dure. Le train est alors coupé de façon à réduire son poids à 1 300 t métriques au moins et une locomotive de renfort est intercalée dans le train en ce point. La pratique générale avec les locomotives à vapeur était d'atteler la machine de renfort à l'arrière du train et cette méthode avait été adoptée avec les locomotives électriques. L'expérience a montré qu'il était préférable de placer la machine de renfort au milieu du train, chaque

Digitized by Google

locomotive en remorquant ainsi la moitié. On avait émis l'opinion qu'en descente, pour faciliter la récupération, il était préférable d'atteler les deux locomotives en tête du train et de les faire fonctionner en unités multiples ; il a été reconnu que la recupération par les deux machines s'effectuait d'une façon satisfaisante avec la machine de renfort intercalée au milieu du train.

Une fois la locomotive de secours attelée, les freins sont serrés puis desserrés pour s'assurer de leur bon fonctionnement. Le démarrage du train s'effectue facilement, la pente de la voie étant très faible en ce point.

Il est cependant intéressant de suivre les manœuvres de démarrage du train sur une forte rampe entre Newcomb et Piedmont. Le train étant à l'arrêt, les freins des wagons le composant sont seuls desserrés. Le train est alors retenu par les freins indépendants de chacune des deux locomotives. Le mécanicien de la locomotive de tête donne alors deux longs coups de sifflet pour annoncer qu'il est prêt et celui de la machine de renfort lui répond par deux autres coups de sifflet. Le mécanicien de la machine de tête place alors la manette du manipulateur sur le premier ou le deuxième cran de démarrage et desserre les freins indépendants de la locomotive. L'effort de traction developpé à cet instant par les moteurs retient la locomotive et l'empêche de revenir sur le train, ce qui pourrait se produire si ses freins étaient desserrés avant d'avoir lancé le courant dans les moteurs. La manette du manipulateur étant déplacée cran par cran, le train démarre, l'accélération étant limitée par l'adhérence des roues. Le mécanicien de la locomotive de renfort attend, pour mettre sa machine en route, que la première partie du train ait démarré, ce dont il se rend compte en surveillant la barre d'attelage avec cette partie du train. Lorsqu'il voit que la locomotive de renfort tend à être remorquée par la première partie du train, il la met en route de la même façon qu'il a été dit pour la locomotive de tête. Lorsque le train entier a été démarré, l'accélération est réglée par les mécaniciens des deux locomotives en se basant sur les indications des ampèremètres. L'arrêt du train est aussi délicat que le démarrage et nécessite des manœuvres inverses analogues.

Tous les trains de marchandises s'arrêtent à Donald, point culminant du profil. Les freins sont alors essayés à nouveau, en même temps que le fonctionnement des dispositifs de récupération sur la locomotive.

Les voitures sont munies d'un dispositif de retenue des freins qui permet de les maintenir serrés à une valeur fixée indépendamment des fuites pouvant exister sur les conduites ou les cylindres. Avec les locomotives à vapeur, ce dispositif était mis en action sur la plupart des véhicules pendant toute la durée de la descente. Avec les locomotives électriques, les freins ne sont serrés que sur 50 pour 100 des wagons de la partie tête du train, si ces derniers sont chargés, et seulement sur 40 pour 100, s'ils sont vides. La descente de la rampe est réglée pour la récupération sur la locomotive et, si le train est trop lourd, par le freinage des wagons. Une locomotive peut ainsi régler la descente d'un train de 2 200 t. La locomotive de secours est dételée du train à Piedmont et celui-ci continue le trajet avec une seule locomotive.

Les trains circulant au delà de Three Forks (fig. 3) ne pèsent généralement pas plus de 2 300 t et peuvent être entièrement remorqués par une seule locomotive. Sur une partie du parcours la rampe, assez longue et relativement faible, permet, en utilisant la marche avec shuntage des inducteurs, de réaliser une plus grande vitesse.

La descente vers Harlowton est faite à une vitesse plus grande que celle de Donald à Piedmont, les trains atteignant une vitesse de 40 à 50 km : h, cette dernière étant la vitesse maximum de marche des locomotives à marchandises. En pratique, une demi-unité est utilisée

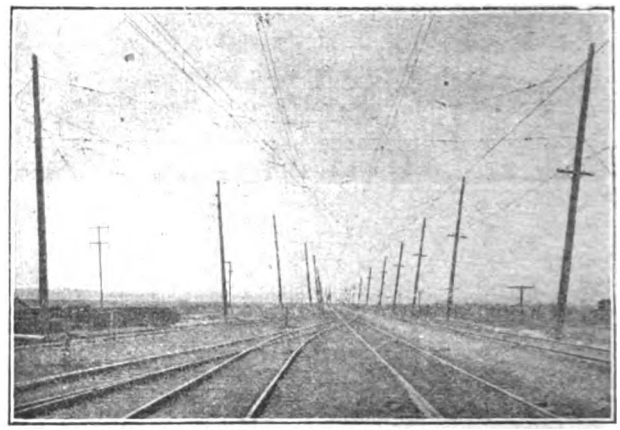


Fig. 3. — Entrée de la gare de Three Forks.

pour retenir le train par récupération ; l'on n'utilise pas sur cette partie du parcours le dispositif de retenue des freins dont sont munis les wagons. Sur les pentes plus faibles, l'effort de freinage par récupération peut être réglé d'une manière continue sans interruption dans son action, la vitesse variant de 27 à 50 km : h.

Dans ce qui précède, la récupération s'effectuait avec le couplage parallèle des moteurs ; elle peut également se faire d'une façon satisfaisante avec le couplage série pour des vitesses variant de 15 à 28 km : h, ce qui se produit lorsque le train est obligé de ralentir par suite de la fermeture des signaux ou de réparations en exécution sur la voie.

Il est à remarquer la rapidité avec laquelle le personnel, mécaniciens et chauffeurs des locomotives à vapeur, s'est mis au courant de la conduite des locomotives électriques.

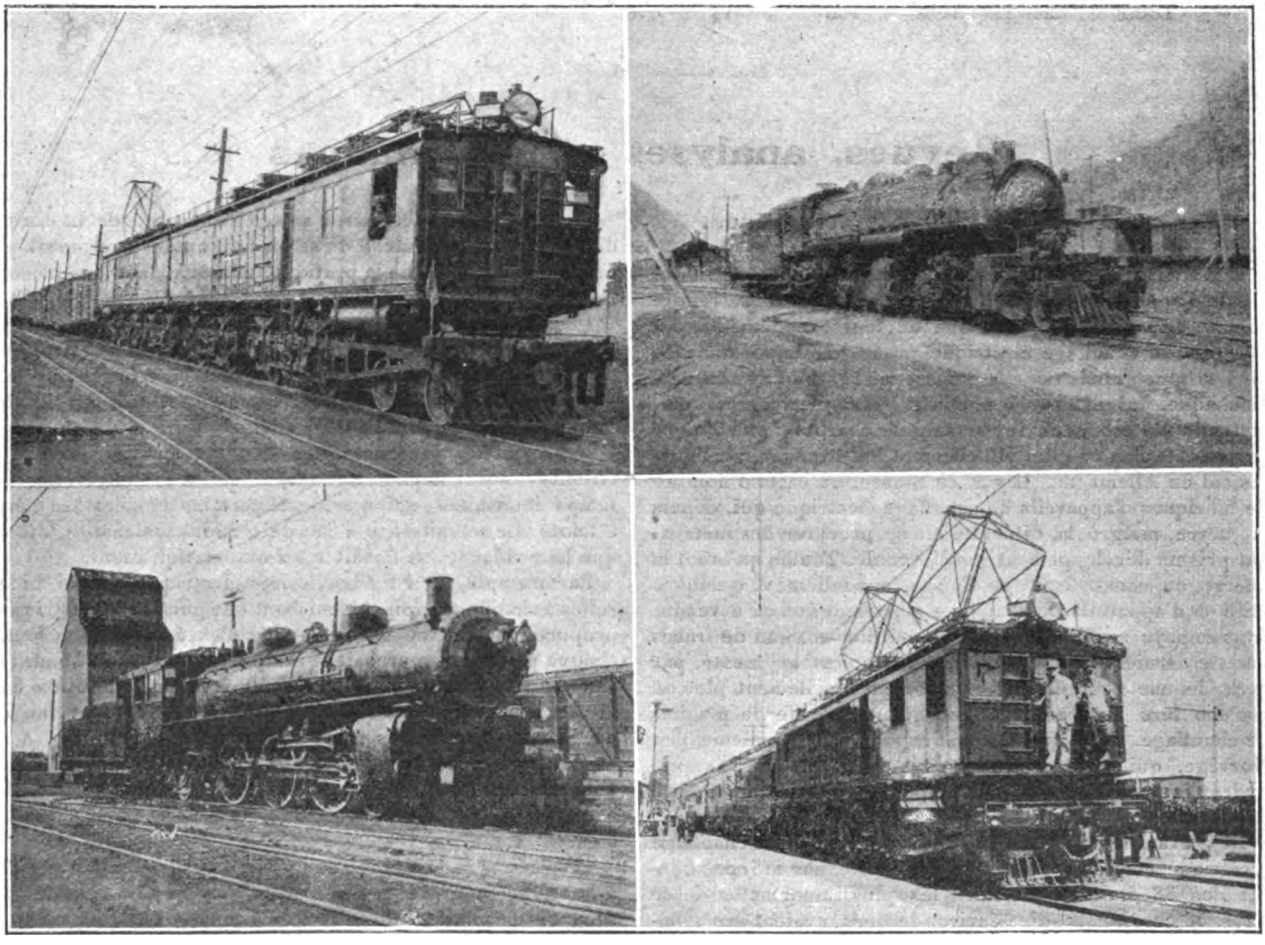
Le service des voyageurs (fig. 4) est assuré par deux trains dans chaque sens sur la section totale et un train local par jour. Les wagons utilisés sont entièrement en acier et d'un type plus lourd que les voitures ordinaires

Digitized by Google

à voyageurs. Le train effectuant le parcours total comporte 9 voitures représentant un poids total d'environ 600 t métriques. Une locomotive peut remorquer 12 voitures sur la section Est et 10 voitures sur la section Ouest. Dans le cas de trains particulièrement lourds, on fait usage d'une locomotive de renfort.

Avec les trains de voyageurs, les manœuvres pour le freinage avec récupération sont moins délicates qu'avec les trains de marchandises. La récupération est faite en série de part et d'autre de Donald, la vitesse étant de 16 à 40 km : h, en raison des courbes existant sur cette partie de la ligne. Sur les autres sections, elle est effectuée en parallèle, la vitesse variant de 45 à 85 km : h.

Le train local comporte généralement 3 voitures et pèse environ 190 t métriques ; il est remorqué par une demi-locomotive à voyageurs. La marche de ce train est caractérisée par un grand nombre d'arrêts le long du parcours.



Locomotive électrique et train de marchandises.
Locomotive à vapeur à voyageurs utilisée précédemment.

Locomotive à vapeur à marchandises utilisée précédemment.
Locomotive électrique et train de voyageurs.

Fig. 4. — Locomotives électriques et locomotives à vapeur.

L'utilisation de locomotives électriques, supprimant les arrêts dus au ravitaillement en eau et en charbon occasionnés par les machines à vapeur, permet de réaliser un meilleur horaire et d'obtenir un meilleur rendement du matériel.

L'éclairage de ces trains est entièrement assuré électriquement. Sur les sections exploitées à la vapeur, l'énergie électrique est fournie par un petit groupe turbo-générateur placé dans le fourgon à bagages. Pendant les arrêts et la marche en récupération durant laquelle le groupe moteur générateur ne peut alimenter les circuits d'éclairage, ceux-ci le sont par les batteries d'accumulateurs.

L'énergie consommée par la locomotive est mesurée par un compteur wattheuremètre branché de façon à tourner en sens inverse en cas de récupération. Il en résulte que les lectures faites sur cet appareil donnent l'énergie réellement consommée par la locomotive.

Le tableau suivant permet d'apprécier la valeur de l'énergie récupérée sur un train de voyageurs effectuant le parcours total.

Digitized by Google

Trajet.	Sens.	Énergie utilisée entre stations pour 100.	Énergie récupérée sur les pertes en pour 100 de celle utilisée.
Deer Lodge à Three Forks.	Est.	100	25
Three Forks à Deer Lodge.	Ouest.	100	7
Three Forks à Harlowton.	Est.	100	11
Harlowton à Three Forks.	Ouest.	100	9
Total.....	Est.	100	19
Total.....	Ouest.	100	8
Total.... dans les 2 sens.		100	14

L'exploitation au moyen de la traction électrique du Chicago, Milwaukee and Saint-Paul Railway a donné des résultats satisfaisants malgré les conditions climatériques particulièrement rigoureuses de cette région. Le rendement du matériel a été considérablement augmenté. Les dépenses d'entretien dues au remplacement des sabots de freins et bandages ont diminué dans de grandes proportions. En un mot, la supériorité de la traction électrique sur la traction à vapeur s'est établie d'une façon indubitable.

P. S.

Revues, analyses et informations

Les appareils de chauffage électrique.

L'Association suisse des Électriciens a fait procéder à des essais d'appareils de chauffage électrique, pour se rendre compte de leur durée, ainsi que de leurs rendements. La question du chauffage électrique prend une importance de plus en plus grande pour la Suisse, car l'emploi de l'énergie électrique, fournie par les usines hydro-électriques, permettrait une économie importante de charbon, que l'on se procure de plus en plus difficilement à l'étranger, principalement en Allemagne. Il y a, en Suisse, un certain nombre de fabriques d'appareils de chauffage électrique qui, depuis la guerre, malgré la difficulté de se procurer des métaux, ont pris un développement considérable. Tandis qu'avant la guerre, on construisait, en Suisse, annuellement quelques milliers d'appareils de chauffage électrique, on en a vendu, dans ce pays seulement, pour un million et demi de francs l'année dernière. L'exportation a également augmenté, par exemple, une seule fabrique exporte annuellement plus de 100 000 fers à repasser et une quantité égale de plaques de chauffage. Ces appareils sont exportés principalement en Norvège, qui est du reste le pays d'Europe, où l'énergie hydraulique est la plus considérable, par rapport au nombre d'habitants.

Déjà avant la guerre, le nombre d'appareils de chauffage électrique, employés en Suisse, était élevé; sur 115 000 abonnés des 38 stations centrales les plus importantes de ce pays, 38 000, c'est-à-dire environ le tiers, avaient des appareils de chauffage électrique, qui représentaient une puissance de 20 170 kw, c'est-à-dire à peu près 9 pour 100 de la puissance totale installée. Cela représentait environ 25 000 fers à repasser et de 7 000 à 8 000 appareils pour le chauffage.

La Commission chargée de l'organisation des essais a fait paraître, dans le bulletin de janvier de l'Association suisse des Électriciens, un premier rapport relatif aux appareils de cuisine et aux fers à repasser.

Les appareils de cuisine peuvent se classer en : 1° ustensiles de cuisine proprement dits dans lesquels la résistance de chauffage fait partie intégrante de l'appareil, ce sont des bouilloires, casseroles, poêles à frire, etc., qui doivent être reliés à la canalisation électrique au moyen de cordons souples ; 2° plaques chauffantes, sur lesquelles on peut placer des ustensiles de cuisine ordinaires. Les appareils qui ont été soumis aux essais, avaient été fournis par les principales fabriques suisses d'appareils de chauffage électrique.

Dans les essais destinés à se rendre compte de la durée des appareils, on a tâché de se placer, autant que possible, dans les conditions de la pratique, et même dans des conditions plus dures.

Les appareils étaient amenés à la température normale, puis le courant était interrompu, on les laissait se refroidir et on recommençait ensuite ; au bout d'un certain nombre de périodes de réchauffement et de refroidissement, on élevait la tension d'une quantité déterminée.

Des appareils automatiques mettaient les appareils en circuit ou interrompaient le courant, soit à des intervalles de temps déterminés, soit quand une certaine température était atteinte. Le remplissage d'eau de certains ustensiles, ainsi que leur vidange, se faisait aussi automatiquement.

Par exemple, pour les bouilloires électriques, aussi bien celles à chauffage rapide, absorbant une puissance électrique proportionnellement élevée, que celles à chauffage lent, chaque période comprenait le remplissage avec de l'eau, la fermeture du circuit, l'échauffement jusqu'à l'ébullition de l'eau dans toute sa masse, la rupture du courant, la vidange de l'eau et le refroidissement jusqu'à 20°.

A chaque période, les poêles à frire étaient portées à la température de la cuisson, maintenues pendant 5 min à cette température, puis le courant était interrompu pendant 55 min.

La plaques chauffantes étaient maintenues pendant 15 min à la température de régime, et on les laissait ensuite se refroidir pendant 45 min. Les fers à repasser ont été soumis au même régime que les plaques chauffantes.

Dans le cas où les ustensiles contenaient de l'eau, la tension normale, qui était de 120 v, a été augmentée, toutes les 1 050 périodes d'échauffement et de refroidissement de 10 v ; pour les autres appareils, la tension normale de 110 v était augmentée de 10 v toutes les 200 périodes.

Les bouilloires électriques ont pu supporter de 1 050 à 7 250 périodes avant l'apparition d'un défaut; parmi les poêles à frire, l'une a été défectueuse dans la première période, les autres ont pu supporter de 650 à 1 270 périodes. Le nombre de périodes a été compris entre 480 et 870 pour les plaques chauffantes et entre 285 et 1 375 pour les fers à repasser. Cela correspond à des durées, en service ordinaire, de 2 à 10 ans pour les bouilloires, de 2 à 4 ans pour les poêles à frire, de 1 à 2 ans pour les plaques chauffantes et de 2 à 3 ans pour les fers à repasser.

Les renseignements fournis par les stations centrales confirment ces résultats et, même pour les plaques chauffantes, on peut dire que les résultats de la pratique sont plus favo-

Digitized by Google

rables que ceux constatés pendant les essais ; cela est dû à ce que la tension était trop élevée, dans la période finale des essais. On peut donc affirmer que l'on construit actuellement en Suisse des appareils de chauffage électrique qui sont absolument pratiques, au point de vue de la durée.

On a ensuite laissé les appareils, complètement vides, sous courant, jusqu'à ce qu'un défaut se manifeste ; la plupart de ceux-ci ont supporté l'épreuve pendant plus de deux semaines, exactement deux cent quarante-cinq heures, temps au bout duquel on a interrompu l'essai, à cause de la trop grande dépense d'énergie.

Les températures de régime atteintes, lors de cet essai, ont été de 550° pour les bouilloires à chauffage rapide, de 450° pour les autres bouilloires, de 500° pour les poêles à frire, de 370° pour les plaques chauffantes et pour les fers à repasser de 360° à la partie supérieure et de 400° à la partie inférieure plate.

A la demande des fournisseurs, on a pu laisser sous courant pendant cent quatre-vingt-douze heures, une plaque chauffante de cuisine et pendant cent quarante-quatre heures, une plaque chauffante de réchaud, les parties supérieures étant portées au rouge sombre.

Lors des essais, la Commission a constaté que les isolants fabriqués avec de l'amiante sont trop hygroscopiques, de sorte que, dans les cuisines où l'air est humide, la résistance d'isolement diminue. On emploie aussi parfois l'amiante pour recouvrir le fil des résistances, et l'ensemble est placé dans un autre isolement, mais, par suite de la chaleur, l'amiante devient friable et tombe en poussière. Le mica est un isolant qui donne de bons résultats, dans les appareils de chauffage, mais son prix est trop élevé ; la micanite se détériore rapidement sous l'action de la chaleur. Quelques maisons emploient comme isolants des produits réfractaires, dont les procédés de fabrication sont tenus secrets, qui donnent de bons résultats. Au point de vue de la résistance mécanique, les résistances de chauffage laissent à désirer, par suite de la fragilité des conducteurs. On emploie presque exclusivement pour ceux-ci un alliage de nickel et de chrome, du « nichronx », de provenance américaine, en fils de 0,3 mm à 0,7 mm de diamètre ou en rubans de 0,1 mm à 0,2 mm d'épaisseur, de quelques millimètres de largeur, qui a une résistance spécifique de 1 ohm-m : mm².

Il résulte des essais, que les appareils de bonne construction doivent pouvoir supporter, pendant cinq minutes, l'application d'une tension alternative de 1 500 v, entre le

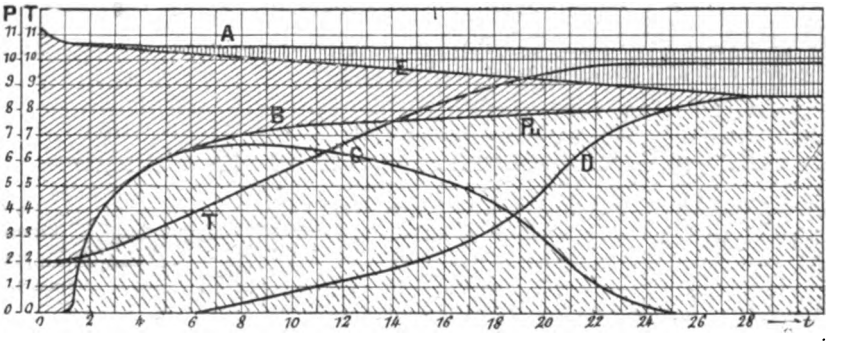


Fig. 1.

conducteur de la résistance et l'enveloppe métallique.

Les cordons souples, qui relient les appareils à la canalisation, deviennent souvent très vite défectueux ; cela est dû à ce que la partie de faible section du conducteur se trouve trop près des parties de l'appareil portées à haute température. Dans certains ustensiles électriques, les contacts à fiche ne sont pas suffisamment protégés contre les liquides qui peuvent s'en échapper.

Les rendements des appareils dans lesquels un liquide est porté à l'ébullition peuvent être déterminés avec précision ; on les dispose pendant les essais sur une balance, afin de pouvoir déterminer la quantité d'eau vaporisée.

Lors des essais, on a versé une quantité d'eau déterminée dans les ustensiles, puis fermé le circuit, et ensuite relevé, à intervalles réguliers très courts, la puissance électrique, la température de l'eau et la quantité vaporisée. On a donc pu déterminer l'énergie utile à intervalles de temps très courts, de manière à en déduire la puissance utile à divers moments.

On a tracé, en fonction du temps, des courbes de la puissance électrique fournie et de la puissance utile, comme celles de la figure 1 qui se rapportent à l'essai d'une plaque chauffante sur laquelle était placée une casserole ordinaire, qui contenait 2 litres d'eau, la puissance normale nécessaire étant de 1 000 w.

La courbe A est celle de la puissance électrique fournie sous tension constante (105 v.) ; cette puissance diminue un peu dans les premiers moments, par suite de l'augmentation de résistance due à l'élévation de température, puis prend une valeur constante. La courbe B est celle de la puissance utile, qui correspond à l'énergie utilisée pour élever la température de l'eau et la vaporiser. La différence entre les ordonnées des courbes A et B représente à chaque instant la puissance perdue, par suite de l'échauffement des diverses parties de l'appareil ainsi que par rayonnement et convection.

La courbe C est celle de la puissance utilisée pour élever la température de l'eau ; au bout de six minutes, l'eau a commencé à bouillir et au bout de vingt-huit minutes elle a bouilli dans toute sa masse, de sorte qu'alors la température définitive était atteinte et la puissance nulle La surface comprise entre la courbe C et l'axe des abscisses est proportionnelle à l'énergie utilisée pour élever la température de l'eau.

La courbe D est celle de la puissance utilisée pour la vaporisation de l'eau, de sorte que les ordonnées de la courbe B sont égales, à chaque instant, à la somme des ordonnées de C et de D. Au bout de vingt-huit minutes, quand le régime permanent est établi, les courbes B et D se confondent et sont des lignes droites parallèles à l'axe des abscisses. La différence entre les ordonnées de A et de B représente alors la puissance perdue par rayonne-

Digitized by Google

ment et convection; comme cette perte est proportionnelle à la température de l'ensemble ou approximativement à la température de l'eau indiquée par la courbe T, on a pu tracer la courbe E; la différence entre les ordonnées des courbes A et E représentant, à chaque instant, la puissance perdue correspondant au rayonnement et à la convection. Ces courbes permettent de déterminer les rendements.

Le rendement, lors de la cuisson, est celui obtenu après que le régime permanent a été établi; il est égal au rapport de la puissance utile qui est alors constante, à la puissance électrique qui est également constante, c'est-à-dire au rapport des longueurs des ordonnées des courbes B et A, quand le régime est établi.

Le rendement, à un moment donné, à partir de l'état initial, est le rapport de l'énergie totale utilisée jusqu'à ce moment, à l'énergie électrique fournie jusqu'à ce moment, c'est-à-dire qu'il est égal à la surface comprise entre l'axe des abscisses, la courbe B et l'ordonnée correspondant au moment donné à la surface comprise entre l'axe des abscisses, la courbe A et l'ordonnée correspondant au moment considéré, il est évidemment moins élevé que le rendement pendant la cuisson.

Dans la pratique, on peut avoir à considérer l'un ou l'autre des rendements, de sorte que, pour pouvoir juger de la qualité d'un appareil, il faut les indiquer tous les deux, en prenant comme moment correspondant au second rendement celui où le régime permanent est atteint.

La partie hachurée verticalement, c'est-à-dire celle comprise entre les courbes A et E, représente l'énergie perdue par rayonnement et convection et celle comprise entre les courbes E et B représente l'énergie employée à chauffer la plaque et le récipient.

Le tableau suivant donne, en pour 100 de l'énergie électrique fournie, ces diverses valeurs, pour des appareils-types essayés.

Tableau I.

	Bouilloire		Plaque chauffante
	à cuisson rapide	ordinaire	
Jusqu'au moment où l'eau bout dans toute sa masse.			
Energie utile au rendement.....	87,0	77.7	63.5
Energie employée pour chauffer l'appareil.....	8,0	11.5	29.0
Energie perdue par rayonnement.	5,0	10.8	7.5
Puissance moyenne absorbée. Watts.....	810	895	1 047
Rendements pendant la cuisson..	89.7	84.3	82,3

Les valeurs moyennes obtenues pendant les essais sont indiquées, en pour 100, dans le tableau ci-dessous.

Tableau II.

Désignation des appareils	Pertes		Rendement	
	par rayonnement	pour élever la température de l'appareil	jusqu'au bouillonnement	pendant la cuisson
	pour 100	pour 100	pour 100	pour 100
Bouilloire à cuisson rapide.....	3 à 7	8 à 12	78 à 87	85 à 90
Bouilloire à cuisson lente.....	6 à 11	10 à 25	70 à 81	80 à 89
Plaque chauffante et casserole ordinaire.....	7 à 20	30 à 40	40 à 65	70 à 83

Les rendements des appareils à rôtir sont beaucoup plus difficiles à établir d'une façon précise. Si on remplace le mets à préparer par un récipient plein d'eau, la température atteinte est trop faible et les pertes par rayonnement et convection trop petites et le rendement plus élevé que dans la pratique. Si on remplace le mets à préparer par un corps dont on connait la chaleur spécifique, de manière à pouvoir calculer la chaleur utilisée quand on a déterminé sa température, la quantité de chaleur absorbée par ce corps est moins élevée que celle absorbée par le mets, de sorte que le rendement est plus faible que dans la pratique. Par exemple, pour des poêles à frire, on a mesuré des rendements de 80 à 88 pour 100 pendant la cuisson, en employant de l'eau et des rendements de 10 à 14 pour 100, à partir de l'état initial, en employant un métal dont on connaissait la chaleur spécifique.

La Commission est de l'avis qu'il est plus avantageux, dans la pratique, d'utiliser des plaques chauffantes pour la cuisine, malgré leur rendement un peu inférieur, et de réserver les ustensiles électriques proprement dits pour les appartements, pour les petites bouilloires, réchauds, etc.

Un inconvénient pour les stations centrales est que la puissance nécessaire, pour les appareils de cuisine tels que ceux essayés, est très élevée. On peut estimer qu'une famille qui, pour la lumière emploie une puissance de 200 ou 300 w a besoin d'une puissance dix fois supérieure, pour la cuisine électrique.

On pourrait, pour éviter cet inconvénient, recommander l'emploi de récipients calorifuges, analogues aux marmites norvégiennes, avec lesquels on pourrait pour la cuisson utiliser des plaques chauffantes d'une centaine de watts, au lieu de plaques de 800 w.

On peut considérer comme rendement d'un fer à repasser, le rapport de la quantité de chaleur qui traverse la paroi inférieure plane au travail électrique fourni à la résistance de chauffage, quand le régime permanent est établi. Ce rapport diminue au fur et à mesure que la température de la surface plane du fer augmente; en service pratique la température est comprise entre 150° et 200° et le rapport est compris, suivant le genre d'appareil, entre 60 et 90 pour 100.

Le calorimètre employé, dans les essais des fers à repasser, était fermé par une plaque de cuivre nickelée, de

Digitized by Google

4 mm d'épaisseur, déposée horizontalement et refroidie à sa partie inférieure par un courant d'eau, dont on pouvait faire varier et déterminer le débit; cette eau était soustraite à toute autre source de chaleur que celle qui provenait de la surface inférieure du fer et traversait la plaque de cuivre, au moyen de plaques d'hyolithe et du kisselguhr. La température de l'eau était mesurée au moyen de thermomètres sensibles, à l'entrée et à la sortie, du calorimètre, de sorte que l'on pouvait calculer la quantité de chaleur fournie à l'eau.

Entre la surface plate du fer et la plaque de cuivre, on disposait des feuilles de papier de soie mince, de sorte qu'en faisant varier le nombre de feuilles interposées on pouvait faire varier la chute de température entre la surface inférieure du fer et la plaque, et, par conséquent, atteindre une certaine température pour la première; dans les essais, le nombre de feuilles de papier de soie a varié de 3 à 12. On mesurait la température de la surface inférieure du fer, au moyen d'un couple thermo-électrique très sensible.

On a obtenu les rapports en pour 100, indiqués dans le tableau ci-dessous.

Tableau III.

Nos des fers	Puissance absorbée en watts.	Rendement en pour 100, pour une température ambiante de 20° et une température moyenne de la surface du fer de :								
		120°	130°	140°	150°	160°	175°	190°	200°	215°
1	370	80	79							
2	390		79							
3	400		90	86	82		76,5		73,5	
4	420	88	85	79,5						
5	430	87								
6	490	89	85			80				
7	500			86,5	82	80				
8	510									76

La question d'un rendement de quelques pour 100 plus élevé, est peut-être moins importante, au point de vue pratique, que celle d'une température n'atteignant pas une valeur trop élevée à la partie supérieure du fer.

On a constaté lors des essais que, dans certains types, l'élévation de la température de la partie supérieure des fers, au-dessus de celle de l'air, était de 210° à 225°, pour une température de 175° à 215° de la face plane; ce qui est une cause de gêne.

Le temps que met le fer pour prendre la température normale est également très variable; dans la pratique, pour un fer ordinaire, il y a avantage à avoir une durée aussi réduite que possible, tandis que, dans certains emplois industriels au contraire, une longue durée d'échauffement est désirable, afin d'avoir une certaine accumulation de chaleur dans le fer.

La Commission va s'occuper de l'établissement de règles normales, relatives aux appareils de chauffage. Elle semble être d'avis de soumettre les types d'appareils d'une fabrique donnée à des essais très sérieux, avec des prescriptions analogues à celles établies pour l'autorisation d'un type de compteur. Les essais de réception d'un appareil, d'un modèle agréé, pourraient être effectués très rapidement et consisteraient en un examen détaillé, un essai de surcharge à une tension un peu supérieure à la normale et à l'application d'une tension élevée pendant un temps déterminé.

F. L.

L'industrie électrique en Allemagne.

L'examen des numéros de l' « Elektrotechnische Zeitschrift », récemment parvenus à Paris, permet de faire des constatations intéressantes, notamment sur la pénurie de certaines matières en Allemagne.

1. — Dans leurs annonces, les différentes sociétés de fabriques de câble offrent des conducteurs en zinc ou en fer, mais pas en cuivre.

Ce dernier métal semble même devenir de plus en plus rare, si l'on en juge d'après l'annonce suivante, parue à diverses reprises, notamment dans le numéro du 4 janvier.

Attention. Usines d'électricité.

Pour remplacer les bobines en cuivre, réquisitionnées, nous recommandons nos bobines en aluminium, isolées à l'oxyde.

Fabrique spéciale de bobines et de conducteurs en aluminium.

Berlin, S.-O., 33, Schlesischestrasse, 26.

Pour que l'on en arrive à réquisitionner des bobines en cuivre, ou tout au moins certaines bobines en cuivre, dans les usines électriques, il faut que l'extraction du cuivre dans les pays envahis n'ait pas donné les résultats que l'on annonçait cependant si bruyamment.

2. — Malgré la création de nombreuses fabriques d'aluminium, notamment en Bavière, l'aluminium ne doit pas être abondant; en effet dans le numéro du 15 mars, on trouve la note suivante :

Réquisition, recensement et saisie des objets en aluminium.

Un arrêté du ministère de la Guerre prussien, du 1er mars, ordonne la réquisition des ustensiles et appareils en aluminium, employés dans l'industrie de la fermentation. Le prix de réquisition est de 7 marks (8,75 fr) par kg pour l'aluminium pur et de 5 marks 6 (7 fr) pour les alliages d'aluminium.

Le numéro du 5 avril reproduit un arrêté de réquisition des courroies de transmission;

Un arrêté du ministre de la Guerre prussien, en date du 15 mars, ordonne la réquisition des : courroies de transmission et des marteaux-pilons, des câbles d'extraction et des câbles ronds et plats en cuir, dans la fabrication desquels entre : du cuir, du caoutchouc régénérés, de la balata, de la gutta-percha, du coton artificiel, de la laine, de la laine artificielle, des poils de chameau, du mohair, de l'alpaga,

Digitized by Google

du cachemir et autres poils, du chanose, du jute, et autres matières textiles de provenance européenne ou non. La déclaration des quantités doit être faite avant le 15 avril 1917 et pour les installations comportant plus de 300 courroies, avant le 30 avril 1917, à l'office des dons volontaires de courroies, section des réquisitions.

Berlin W. 35. Potsdammer-Strasse 122 a/b.

3. — Le numéro du 5 avril, annonce que le radium et divers composés doivent être déclarés à l'office des fournitures aux armées, d'après un arrêté du ministre de la Guerre prussien, en date du 15 mars.

4. — La pénurie de matières grasses a amené l'office de guerre, dont le directeur est le célèbre général Grœner, à faire paraitre l'annonce suivante dans le numéro du 15 mars.

Economies de matières de graissage.

Veillez partout à la plus stricte économie d'huile de graissage; c'est seulement avec cette précaution, que l'on arrivera à fournir à notre industrie la quantité de matières de graissage nécessaire et que nos troupes seront suffisamment pourvues de matériel de guerre.

1° *N'employez que des burettes à huile, bien étanches et pouvant être fermées, laissant sortir l'huile en jet mince au goutte à goutte.*

2° *Utilisez rationnellement les dispositifs de graissage, et mettez l'huile exactement à l'endroit qui doit être graissé.* Lors de l'arrêt des machines, retirez les mèches de graissage et fermez les graisseurs.

3° *N'employez pas de l'huile à cylindre de qualité supérieure, dans les parties où de l'huile de qualité inférieure suffit.*

4° *Tenez en bon état toutes les pièces devant être graissées.* Des surfaces frottantes rugueuses, ainsi que des chapeaux de paliers trop serrés, font perdre beaucoup d'huile.

5° *Placez partout où de l'huile coule, des récipients ou des tôles pour la recueillir, et employez cette huile, au besoin épurée, dans les mêmes conditions que l'huile fraiche.*

6° *Recueillez toutes les matières qui ont servi à l'essuyage, de manière à en pouvoir extraire l'huile.* Dans aucun cas, on ne doit brûler ces matières.

7° *Economisez l'huile employée pour le refroidissement, lors du perçage de trous.* Souvent on n'a même pas besoin du tout d'huile; pour des travaux grossiers, l'eau pure suffit.

8° *Soyez économes d'huile pour le nettoyage.* Ne vous lavez jamais les mains avec de l'huile, essuyez les axes avec des chiffons déjà utilisés.

Office de guerre.
Grœner.

Sur demande, on enverra un nombre illimité d'exemplaires de cette affiche.

Comité technique pour l'emploi des matières de graissage.
Charlottenberg 2. Hardenbergstrasse 3.

Afin de faciliter les envois, il est désirable que les intéressés fassent des demandes collectives.

Il est recommandé de coller les placards sur du carton fort et de les placer à des endroits bien visibles des ateliers.

5. — Dans l'analyse d'une étude de M. E. Biedermann, sur la richesse de l'Allemagne, en charbon, parue dans le numéro du 15 mars, on indique les quantités de charbon extraites en 1915 dans les pays occupés par l'Allemagne.

Pays.	Millions de tonnes.
France (dép. Nord et Calais (sic).....	28
Russie (bassin de Dombrowa).....	7
Belgique.....	23
Total.....	58

6. — Dans le numéro du 15 février, on donne les renseignements suivants sur des demandes de brevets allemands, de provenance étrangère.

D'après des renseignements statistiques de l'Office impérial et royal des brevets pour les années 1915-1916, les demandes de brevets allemands provenant de l'étranger, se répartissent comme l'indique le tableau suivant :

	Nombre de demandes			
	de brevets		de marques de fabrique	
	1915	1916	1915	1916
Danemark.....	102	118	37	33
Norvège.....	73	62	13	8
Autriche.....	514	630	398	365
Hongrie.....	216	266	70	91
Suède.....	198	227	56	69
Suisse.....	694	687	486	470
Etats Unis.....	1 016	935	291	207
Belgique.....	58	84	14	30
France.....	81	49	4	6
Grande-Bretagne.....	353	289	71	70
Italie.....	102	40	14	4
Russie.....	9	10	6	27
Autres pays.....	209	206	89	65

« On voit, d'après cette statistique, que les nations ennemies et surtout l'Angleterre, sont représentées. La faible proportion de demandes venant de France, par rapport à celles venant d'Angleterre est à remarquer. Dans les dernières années de paix, la proportion était telle que, pour trois demandes françaises, il y en avait deux anglaises, tandis que depuis la guerre, pour cinq demandes anglaises il y en a une française. »

Nous espérons bien qu'il ne s'agit pas de nationaux des puissances alliées, mais seulement de neutres habitant la Grande-Bretagne, la Belgique, la Russie, l'Italie et la France. Il nous semble cependant qu'il serait bon de faire une enquête, et de signaler ces neutres, profitant de notre hospitalité et voulant continuer à entretenir des relations avec l'Allemagne, et dans l'hypothèse où des Français se trouveraient dans ce cas, de leur appliquer la loi : en déposant une demande de brevet en Allemagne, on est obligé d'y envoyer une certaine somme

7. — L'adresse envoyée par l'Union des électrotechniciens allemands, à l'occasion de l'anniversaire de la naissance de son souverain, est un exemple typique de la mentalité allemande : platitude, orgueil et fausseté. Nous avons tâché de traduire ce document aussi littéralement que possible, afin de lui conserver toute sa saveur germanique. A ce sujet, le numéro du 15 février, publie la note suivante :

A propos de vœux de bonheur. — A la suite d'une décision du Comité, l'Union des électrotechniciens allemands a envoyé à l'empereur, à l'occasion de l'anniversaire de sa naissance, le 27 janvier, l'adresse suivante :

« *Altesse sérénissime, empereur et roi le plus puissant entre tous, empereur, roi et seigneur le plus gracieux de tous.*

» Votre Majesté impériale et royale est humblement priée, par l'Union des électrotechniciens allemands, de daigner accepter ses vœux de bonheur, pour l'anniversaire de votre naissance.

» L'active et prévoyante impulsion que Votre Majesté a de tout temps imprimée à la technique allemande engage, particulièrement en ce jour, les ingénieurs allemands, à renouveler, par reconnaissance, le serment de fidélité inébranlable.

» Fière du grand effort accompli pendant la guerre par la technique, et d'accord avec toutes les sphères de votre peuple, bien décidée à répondre à la révélation impudente

Digitized by Google

du désir de rapine de nos ennemis (schamlose Offenburung, der Raublust unserer Feinde) par des actes de résistance inébranlable et de volonté bien arrêtée de vaincre, l'électrotechnique allemande fera son possible pour aider la patrie à atteindre le but visé par Votre Majesté.

» De Votre Majesté impériale et royale,

» Le sujet le plus soumis.

« Union des électrotechniciens allemands.

» Le président, Le secrétaire général,

» Signé : Klingenberg. Signé : G. Dettmar. »

La réponse suivante est parvenue au Comité :

« Sa Majesté l'empereur a daigné agréer, avec bienveillance, les vœux de bonheur de l'Union des électrotechniciens allemands et fait remercier cordialement pour le serment d'être, encore à l'avenir, fidèles, et de travailler de toutes ses forces au service de la patrie.

» Conseiller secret de cabinet : von Valtelini. »

F. Loppé.

L'équipement électrique des machines à papier (1).

Les pièces de bois de 45 cm de longueur sont maintenues, dans les défibreurs, contre une pierre tournant à 200-260 t : m. Les défibreurs, avec pierre de 70 × 140 cm², nécessitent de 300 à 600 ch selon la pression et la dimension des blocs de bois. La pulpe produite passe dans des raffineuses et souvent ensuite dans des machines Jordan composées de deux cônes de même axe dont on règle l'espacement. Les raffineuses et les Jordan sont mus à vitesse constante, la puissance dépend de la nature de la pâte et du réglage des deux cônes Ces machines exigent des moteurs à couple élevé et à vitesse constante; on emploie souvent des moteurs-shunts à courant continu, ou des moteurs à cage d'écureuil ou des moteurs d'induction à bagues. Si plusieurs raffineuses doivent alimenter la même machine à papier, il y a avantage à les entraîner toutes par le même moteur, en vue d'une plus grande homogénéité dans la pâte. La puissance nécessitée par une raffineuse est variable, mais on peut suivre la règle suivante : 1 ch par pouce (2,54 cm) de largeur du rouleau batteur. S'il s'agit d'une pâte légère, avec une vitesse périphérique modérée n'excédant pas 500 m : min 3/4 de cheval par pouce suffiront. Le couple au démarrage des raffineuses varie considérablement, dépendant du mode opératoire; si une raffineuse, pleine de matière, est fermée et mise en marche peu de temps après, avec le rouleau en bas dans sa position de course, le couple au démarrage sera à peu près égal au couple de marche normale; si le rouleau est levé avant le départ, le couple nécessité au début sera réduit et la raffineuse démarrera très aisément. Si, cependant, la matière reste quelque temps en contact avec les rouleaux stationnaires, comme les samedis soirs, la fibre se dépose au fond, collant le rouleau batteur et le couple au démarrage sera sensiblement supérieur au couple normal, même si le rouleau a été levé au-dessus de sa position de course. C'est pour cette raison que les moteurs à bagues sont souvent recommandés pour ces appareils, comme donnant le meilleur couple au démarrage. Les raffineuses se prêtent à la conduite individuelle ou par groupes.

(1) *Electrical World*, 24 février 1917, t. LXIX, n° 8, p. 364-366.

Une machine souvent employée est la machine Fourdrinier; on peut la diviser en deux parties : une partie à vitesse constante consistant en une pompe, le batteur de feutre, le secoueur et le crible; une partie à vitesse variable qui comprend les rouleaux compresseurs, les sécheurs et les calandres. Les exigences de la première sont de 25 à 30 pour 100 de la puissance totale de la machine. Une grande variété de vitesse est essentielle pour la seconde, et on l'entraîne communément par un moteur-shunt à courant continu, à vitesse variable, ou par un moteur d'induction à vitesse constante en liaison avec quelque appareil de changement de vitesse. On obtient des résultats satisfaisants avec un moteur à pôles auxiliaires, le rhéostat de champ ayant de 60 à 90 plots. La combinaison à employer dépendra, pour chaque installation, de la qualité du papier fabriqué Une méthode consiste à prendre un moteur à vitesse constante pour entraîner les deux parties de la machine, avec un changeur de vitesse mécanique entre le moteur et la partie à vitesse variable; inconvénients : le changeur de vitesse est peu pratique s'il s'agit de grandes machines; prix de premier établissement élevé qui peut quelquefois compenser le bénéfice initial réalisé sur l'équipement électrique. Dans la plupart des cas, cette méthode n'est pas à recommander. — Autre méthode : un moteur à vitesse constante entraîne les deux parties de la machine, la variation de vitesse étant obtenue par changement de poulie. Inconvénient : pas de réglage minutieux possible; manœuvres continuelles des poulies, d'où perte de temps; la méthode peut s'employer dans les cas où on marcherait à une certaine vitesse pendant un temps très long. — Autre méthode : moteur à vitesse constante entraînant la partie à vitesse constante de la machine, et moteur d'induction à bagues avec résistance de réglage pour l'autre partie. Seulement applicable quand on ne désire qu'une petite variation de vitesse à cause de la faible régulation aux vitesses inférieures. Un bon réglage a pu être obtenu jusqu'à une vitesse de 40 pour 100 inférieure à la vitesse maximum; mais il est prudent de ne compter que sur une réduction de 20 pour 100. — Autre méthode : moteur à vitesse constante et moteur à courant continu avec système de contrôle du champ; comme la plupart des papeteries emploient le courant alternatif, ce procédé requiert l'emploi d'un groupe moteur-générateur. L'échelle de vitesses qu'on peut obtenir par cette combinaison est d'environ 4 : 1; il est préférable de ne compter que sur 3 : 1. — Autre méthode : moteur à vitesse constante et moteur à vitesse réglable par contrôle du voltage. Echelles de vitesses réalisées : 5 : 1 et même plus, par un moyen purement électrique. La génératrice à courant continu qui alimente le moteur à vitesse variable est généralement entraînée par un moteur d'induction. On entraînera la partie de la machine à vitesse constante par une poulie reliée au moteur d'induction du groupe. On peut modifier le système de contrôle du voltage en le combinant avec le contrôle du champ; on obtient ainsi des vitesses variant de 10 à 1. Les calandres exigent une vitesse lente et uniforme au moment de l'introduction de la pâte entre les rouleaux, une accélération progressive de la basse à la haute vitesse, avec facilité de ralentir et d'accélérer de nouveau; la simplicité du contrôle est donc importante et l'on voit que les moteurs électriques peuvent rendre de signalés services dans les papeteries pour leur simplicité de contrôle et la souplesse de leur fonctionnement. Les puissances nécessitées par quelques machines accessoires sont les suivantes : pompes à eau, 10 à 20 ch; scies et décortiqueuses, 10 à 15 ch; aspirateurs, 5 à 10 ch; élévateurs, 3 à 10 ch; machines soufflantes, 5 à 15 ch. La puissance

Digitized by Google

exigée par les presses et les frangeuses varie de presque rien au maximum, ces machines nécessitent l'emploi de volants bien calculés.

P. V.

Douille de lampe à incandescence (1).

L'invention a pour objet un nouveau mode d'établissement des douilles pour lampes à incandescence permettant de supprimer les courts-circuits qui se produisent fréquemment avec ces lampes par suite du fait que, les bornes de prise de courant étant montées sur ressorts, manquent de fixité et sont, par suite, amenées quelquefois à se mettre en contact l'une avec l'autre d'où résulte le court-circuit. Avec la douille décrite, cet inconvénient est supprimé, car les bornes de prise de courant sont fixes et montées d'une façon rigide sur la masse isolante qui les porte, laquelle, par contre, est poussée par un ressort sur le culot de la lampe. — Dans le dessin, la figure 1 est une vue en élévation-coupe de ladite douille faite suivant la ligne I, I, I' de la figure 3 ; la figure 2 est une vue en élévation de cette douille ; la figure 3 une vue en dessus de la masse isolante portant les bornes de prise de courant, le chapeau étant coupé et le ressort supérieur enlevé ; la figure 4 est une vue en plan de l'ensemble de la douille ; la figure 5, enfin, est une vue en plan-coupe de la masse isolante faite suivant la ligne VV' de la figure 1. — La construction de cette douille est caractérisée par le fait que les éléments qui la constituent ne sont en aucune façon réunis les uns aux autres par filetage, d'où il résulte que ces pièces sont d'un prix de revient particulièrement peu élevé. — L'un des éléments est une douille inférieure a emboutie avec un rebord annulaire saillant d et deux oreilles b découpées dans la douille et repliées vers le haut Cette douille inférieure est coiffée d'un chapeau c présentant de chaque côté une fente e dans laquelle peuvent pénétrer les oreilles d. Un rebord e ménagé à la partie inférieure du chapeau c sert à retenir une bague f comportant à deux de ses extrémités diamétrales des parties saillantes g constituant des évidements servant au passage des oreilles b pour effectuer la fermeture comme il sera expliqué plus loin. Le chapeau c présente, d'autre part, à sa partie supérieure un collet h qui sert à maintenir, au moyen d'une vis i par exemple, une pièce isolante non représentée au dessin, la douille j est filetée intérieurement pour recevoir tous raccords nécessaires ; à l'intérieur de cette douille passent les fils d'amenée du courant. Cette douille j supporte également, par agrafage ou autrement, le ressort spiral k qui agit par pression sur la masse isolante l pour l'appliquer sur le culot de la lampe que l'on monte à la manière ordinaire, au moyen d'un emmanchement à baïonnette m sur la douille inférieure a. — La masse isolante l présente deux conduits verticaux, dans lesquels sont montées et assujetties à frottement les bornes c de prise de courant. Ces bornes sont constituées au moyen de deux tubes fermés à leurs extrémités inférieures et deux vis n servant à y fixer les fils de prise de courant. Des encoches p servent à maintenir en place ces masses isolantes au moyen d'ergots appropriés

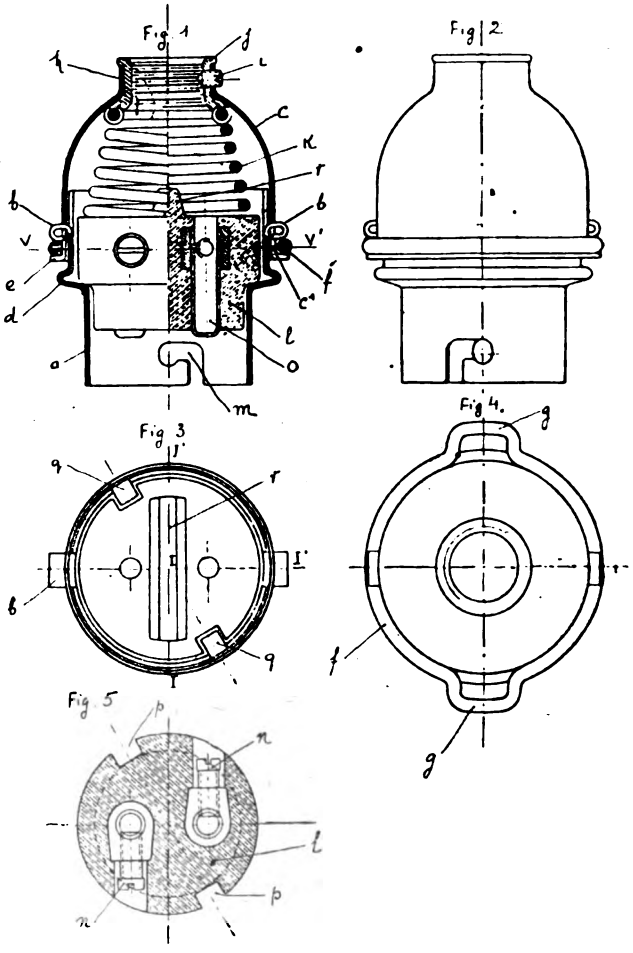


Fig. 1. Elévation-coupe de la douille. — Fig. 2. Elévation. — Fig. 3. Plan, le chapeau étant coupé et le ressort enlevé. — Fig. 4. Plan. — Fig. 5. Plan-coupe suivant VV'.

tels que q. Une nervure r, ménagée à la partie supérieure de la masse isolante, permet d'empêcher tout mouvement latéral du ressort et permet, en même temps, de mieux maintenir séparés les deux fils d'amenée du courant. La griffe servant à supporter l'abat-jour vient se loger entre les rebords e et d en s'appuyant sur ce dernier.

(1) Henri Kohn. *Brevet français n° 88 554*, déposé le 9 janvier 1917, 5 fig.

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

Assemblées générales

Société d'exploitation des appareils Rateau.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DU 17 AVRIL.

Le solde bénéficiaire de l'exercice, après déduction de la provision pour impôt sur bénéfices de guerre, se monte à 1 105 297 fr. Ce chiffre ne donne cependant qu'une faible idée de l'activité de la Société dont le chiffre d'affaires s'est élevé à 32 millions de francs, avec un nombre d'ouvriers de 2 200, dont 900 femmes, à ses usines de La Courneuve et du Pré-Saint-Gervais.

La Société a, en outre, formé en Russie un groupement important qui lui permettra de développer ses affaires dans ce pays.

La majeure partie du solde bénéficiaire ci-dessus a été portée en réserve, en raison, d'une part, du surmenage intensif du matériel sans possibilité de réparation, et, d'autre part, des créances de la Société en pays envahi et de ses participations dans l'usine de Muyseu (Belgique) qui est considérée comme presque entièrement perdue.

Dans la répartition de ces bénéfices il a été attribué aux actions libérées et au premier quart des actions de numéraire une somme totale de 66 906 fr et aux parts bénéficiaires 50 437 fr. Les diverses réserves ont été portées aux chiffres ci-dessous :

Réserve légale à 30 710 fr.

Réserve pour amortissement du capital libéré à 125 000 fr.

Fonds de prévoyance à 3 300 000 fr; cette dernière par un versement de 900 000 fr.

Le solde de 28 307 fr a été reporté à nouveau.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1916.

Actif.

	fr
Apports	100 000 »
Actionnaires	75 000 »
Brevets (mémoire)	»
Mobilier du siège	1 »
Matériel en magasin chez les tiers	42 597,05
Ateliers	6 293 790,06
Cautionnements	37 192 »
Caisse et banque	2 057 891,18
Portefeuille titres	593 030,75
Effets à recevoir	39 041,45
Débiteurs divers	3 072 618,84
Souscripteurs emprunt de la Défense nationale	117 362,50
	12 418 524,83

Passif.

	fr
Capital	200 000 »
Réserve légale	30 710,02
Réserve pour amortissements	125 000 »
Fonds de prévoyance	2 400 000 »
A reporter	2 755 710,02
Report	2 755 710,02
Achats et vente (compte d'ordre)	210 186,62
Provision pour retraites ouvrières	7 268,40
— créances irrécouvrables	987 138,35
— contributions patentes	200 000 »
— impôts sur bénéfices de guerre	848 796,20
Créanciers divers	6 277 976,22
Bénéfices reportés	26 151,91
Bénéfices. Exercices 1916	1 105 297,11
	12 418 524,83

Société hydro-électrique de Lyon.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 5 JUIN 1917.

Il est intéressant de constater que la Société hydro-électrique de Lyon a pu réaliser pendant l'exercice, par le seul transport de l'énergie électrique achetée et livrée à des tiers, un bénéfice de 252 008 fr, l'usine productrice ne fonctionnant pas et l'usine provisoire, qui n'a été mise en route que dans les premières semaines de 1917, n'ayant pas encore apporté un appoint pour l'exercice écoulé.

50 millions de kw-h ont été ainsi demandés aux établissements Paul Girod à Ugine, sur lesquels 46 millions ont été livrés à la Compagnie du gaz de Lyon et le complément aux établissements Grammont à Pont-de-Cheruy.

Les travaux d'aménagement de la chute de l'usine principale ont été activement poussés malgré les difficultés actuelles, notamment la construction du barrage.

De plus la Société, sur la demande de l'administration de la guerre, a construit une usine provisoire d'une puissance d environ 2000 ch destinée à être livrée à la Compagnie du gaz de Lyon.

Les résultats d'exploitation de cette usine, pendant l'exercice en cours, sont tels qu'ils permettent d'envisager un amortissement rapide des dépenses spécialement engagées pour cette exploitation.

Le solde bénéficiaire de l'exercice de 252 008 fr a été appliqué à l'extinction du compte « Dépenses avant l'exploitation » qui se trouve ainsi ramené à 351 657 fr.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1916.

Actif.

	fr
Terrains. Droits pour l'établissement des chutes. Travaux et installations	5 183 122,82
Usine provisoire	522 361,83
Canalisations et poste de transformation de Lyon	3 565 268,24
Frais d'émission d'obligations	280 000 »
Prime de remboursement	120 000 »
Frais de constitution	20 385,80
Caisses et banques	2 752 930,06
Magasin	19 839,25
A reporter	12 463 908,00

Digitized by Google

Report.. ..	12 463 908,00
Débiteurs divers	1 361 495,19
Dépenses et recettes avant exploitation. Solde au 31 décembre 1916	623 775,45
	14 440 178,66

Passif.

	fr
Capital	4 000 000 »
Obligations	8 000 000 »
Créditeurs divers : fournisseurs et engagement.	2 197 170,63
Profits de l'exercice	252 008,03
	14 449 178,66

Compagnie des Tramways électriques de Limoges.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 4 JUIN 1917.

L'exploitation de la Compagnie s'est poursuivie d'une manière satisfaisante en dépit des difficultés actuelles.

Les bénéfices de l'exercice 1916, qui sont de 207 256 fr, sont en progression sur ceux des exercices de guerre précédents où ils avaient été de 196 807 fr pour 1915 et de 197 999 fr pour 1914.

Le même dividende de 20 fr que les années précédentes a été attribué aux actions pour être mis en paiement aux époques qui seront fixées par le Conseil

Le dividende de l'exercice 1915, voté par l'assemblée du 27 avril 1916, sera mis en paiement par moitié le 30 juin 1917 et le 31 décembre 1917.

Cette politique prudente, en améliorant la trésorerie de la Compagnie, lui a permis jusqu'ici d'éviter l'émission d'obligations autorisée dans l'assemblée générale extraordinaire du 24 avril 1914.

Sur les bénéfices de l'exercice les sommes suivantes ont été mises en réserve :

A l'amortissement de 1/20 des frais de constitution, 1 950 fr. A la réserve légale, 10 265 fr et à un compte nouveau de réserve spéciale destiné à l'amortissement du capital, 100 000 fr, de sorte que le total des réserves de la Compagnie est porté à 886 562 fr.

Quelques travaux indispensables de réfection des voies ont été exécutés au cours de l'exercice ainsi que le démontage et l'enlèvement des chaudières et machines à vapeur de l'usine du Clo Moreau réquisitionnée à l'amiable pour le compte des Fonderies et Ateliers de construction de Fourchambault et La Pique.

Cette usine ne fonctionnait plus depuis septembre 1903, date à laquelle la Compagnie des Tramways de Limoges avait traité pour la fourniture d'énergie avec la Compagnie d'électricité de Limoges.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1916.

Actif.

	fr
Réseau primitif	2 210 973,44
Extension et travaux neufs	989 613,68
Frais de constitution	39 000,35
Atelier d'Aixe	20 238,41
Mobilier de Paris	501 »
Cautionnements	10 000 »
Magasin (approvisionnement)	65 471,73
Espèces en caisse et banques	234 756,66
Débiteurs divers	41 284,46
	3 611 899,73

Passif.

	fr
Capital	2 400 000 »
Réserve statutaire	149 699,11
Réserve facultative	200 000 »
Réserve pour travaux de renouvellement	393 337,73
Amortissement sur frais de constitution	31 310,70
Créditeurs divers	30 159,32
Coupons à payer	100 135,63
Dividende 1915 à distribuer	96 000 »
Profits et pertes :	
Report de l'exercice 1915	4 001 »
Bénéfice de l'exercice 1916	207 256,24
	3 611 899,73

Revues, analyses et informations

La production et l'exportation du charbon en Angleterre.

On lit dans « L'Exportateur français » :

La production anglaise de charbon en 1916 était supérieure à celle de l'année 1915, tout en restant bien inférieure à la production normale d'avant la guerre. En 1913, dernière année normale, la production du charbon anglais s'élevait à 287 500 000 t; en 1914, elle est descendue à 265 500 000 t; en 1915 à 253 000 000 t, et en 1916, à 256 000 000 t.

En ce qui concerne l'exportation de charbon pendant les trois dernières années, elle se présente comme suit par pays de destination :

	1914	1915	1916
Russie ..... tonnes.	5 998 434	42 559	4 804
Norvège	2 398 345	2 643 187	2 307 753
Suède	4 563 076	2 659 995	1 646 502
Danemark	3 034 240	3 130 642	2 305 409
Allemagne	8 952 328	—	—
Hollande	2 018 401	1 792 951	1 346 129
Belgique	2 031 077	—	—
France et Algérie	14 057 573	18 541 318	18 033 680
Portugal	1 356 081	1 022 755	886 972
Espagne	3 648 760	2 067 763	2 407 704
Italie	9 647 161	5 788 460	5 710 098
Amérique du Sud	6 892 905	2 495 891	1 129 051

L'exportation totale du charbon pour tous les pays, y compris les pays non indiqués dans le tableau ci-dessus, se présente comme suit :

	1914	1915	1616
Charbon ..... tonnes.	73 400 118	43 534 771	38 351 553
Coke	1 235 141	1 010 302	1 481 498
Briquettes	2 053 187	1 225 071	1 324 695
Charbon pour navires	21 031 550	13 530 964	12 988 172

On voit que, malgré la cessation totale de l'exportation en Allemagne et en Belgique, l'Angleterre était incapable d'augmenter son exportation aux autres pays. Cela est dû à l'augmentation de la consommation intérieure et à celle de la flotte. Avant la guerre, la consommation intérieure de l'Angleterre s'élevait à 180 000 000 t par an, tandis que l'année dernière, elle s'élevait à plus de 200 000 000 t. On ne connaît pas les chiffres exacts de l'augmentation de la consommation de la flotte anglaise.

Ces chiffres indiquent aussi une forte diminution de l'exportation du charbon anglais vers l'Amérique du Sud. C'est l'Amérique du Nord qui a pris la place de l'Angleterre. Dans le premier semestre 1916, les États-Unis ont décuplé leur exportation de charbon dans l'Amérique du Sud. Dans le second semestre, l'exportation diminuait en raison de l'insuffisance du tonnage.

Digitized by Google

SECTION DE LÉGISLATION

Sur la nécessité de modifier les articles 419 et 420 du Code pénal

L'Association nationale d'Expansion économique s'est préoccupée des modifications qu'il convient d'apporter à ces articles qui, rédigés en 1810, en vue de punir l'accaparement des marchandises et denrées, s'opposent aujourd'hui à la création des ententes entre producteurs ; plus récemment, la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale a mis la même question à l'ordre du jour des études qu'elle a entreprises dans le but de permettre à l'industrie française de pouvoir lutter efficacement après la guerre contre celle de nos ennemis. Dans la note ci-dessous se trouvent reproduits les textes de ces articles, les nouveaux textes proposés par l'Association d'Expansion économique et, enfin, la déclaration approuvée par le Conseil de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale.

Les pays qui sont aujourd'hui à la tête du progrès économique doivent, pour une bonne part, leur développement industriel aux ententes entre producteurs qui, sous les noms de cartel, trust, comptoir, syndicat, etc., se sont développées dans ces pays. En France, la création et le fonctionnement de ces organismes se heurtent à des textes de loi, rédigés en 1810, qui voulaient frapper, à juste titre, les manœuvres temporaires et frauduleuses tendant à l'accaparement des denrées de première nécessité. Voici ces titres :

ART. 419. — Tous ceux qui, par des faits faux ou calomnieux semés à dessein dans le public, par des sur offres faites aux prix que demandaient les vendeurs eux-mêmes, par réunion ou coalition entre les principaux détenteurs d'une même marchandise ou denrée, tendant à ne la pas vendre ou à ne la vendre qu'à un certain prix, ou qui, par des voies ou moyens frauduleux quelconques, auront opéré la hausse ou la baisse du prix des denrées ou marchandises ou des papiers et effets publics au-dessus ou au-dessous des prix qu'aurait déterminés la concurrence naturelle et libre du commerce, seront punis d'un emprisonnement d'un mois au moins, d'un an au plus, et d'une amende de 500 fr à 10 000 fr.

Les coupables pourront de plus être mis, par l'arrêt ou le jugement, sous la surveillance de la haute police pendant deux ans au moins et cinq ans au plus.

ART. 420 — La peine sera d'un emprisonnement de deux mois au moins et de deux ans au plus, et d'une amende de 1 000 fr à 20 000 fr si ces manœuvres ont été pratiquées sur grains, grenailles, farines, substances farineuses, pain, vin, ou toute autre boisson.

La mise en surveillance qui pourra être prononcée sera de cinq ans au moins et dix ans au plus.

Comme on le voit, ces textes mettent sur le même pied « la coalition entre les principaux détenteurs d'une même marchandise ou denrée » et le fait de « semer dans le public des bruits faux ou calomnieux » ou de recourir « à des voies ou moyens frauduleux quelconques »; ils confondent ainsi dans une même réprobation, d'une part, des actes aujourd'hui nécessaires pour assurer la régularité de la production, lutter contre le chômage professionnel, organiser la distribution la plus rationnelle et, par conséquent, la moins coûteuse des marchandises, enfin pour aider à l'expansion économique sous toutes ses formes, et, d'autre part, des actes frauduleux, malhonnêtes, tendant à la réalisation rapide par leur auteur d'un profit injustifié, et à la désorganisation profonde du marché au détriment de ses victimes.

Il importe de faire disparaître cette discordance entre les textes de 1810 et les faits économiques actuels par une modification de ces textes.

Pour cela, il faut, tout d'abord, écarter nettement le fait matériel de la coalition que la loi de 1864 ne permet d'ailleurs plus de considérer comme un délit, car il peut se rencontrer ou ne pas se rencontrer dans un fait punissable d'accaparement et n'est pas, par suite, caractéristique de ce fait. Il faut ensuite frapper le délit d'accaparement en caractérisant ses éléments par une formule nette qui éclaire le juge avec précision sur la portée de la loi qu'il aura à appliquer.

A la suite d'un rapport très documenté dû à Me de Segogne, avocat au Conseil d'État, l'Association nationale d'expansion économique a proposé de remplacer ces textes par les suivants :

Seront punis d'un emprisonnement de deux mois à deux ans et d'une amende de 1 000 à 20 000 fr, ou de l'une de ces peines seulement :

Tous ceux qui en agissant, soit isolément, soit de concert entre eux, et en employant des moyens frauduleux, tels que la publication de fausses nouvelles, ou des suroffres faites aux prix demandés par les vendeurs eux-mêmes, auront, dans un but de lucre, provoqué une rupture d'équilibre entre l'offre et la demande et opéré ainsi, à l'aide de ces manœuvres, la hausse ou la baisse factice et momentanée

Digitized by Google

des cours des denrées, des marchandises ou des effets publics et privés.

Ce texte ne mentionne en aucune manière la coalition, mais il prévoit, d'une façon formelle, que les agissements délictueux auxquels il se rapporte peuvent être accomplis isolément ou de concert ; par suite, il évite de créer une immunité quelconque en faveur des groupements qui dissimuleraient leur but véritable sous le masque d'une entente correcte entre producteurs. Il suppose l'emploi de moyens frauduleux qu'il se garde bien, au surplus, d'énoncer limitativement, se bornant à une énumération purement indicative empruntée aux termes de l'article 419 actuel. Enfin il dispose que les manœuvres employées ont dû amener une hausse ou une baisse, et cela dans un but de lucre, c'est-à-dire que les auteurs de ces manœuvres poursuivent un projet personnel en provoquant sur le marché un désordre momentané.

Dans sa séance du 24 mars dernier, le Conseil de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, reconnaissant que ce nouveau texte fait disparaître de nos codes une entrave très nuisible au développement de l'esprit d'entreprise, a « déclaré s'associer aux conclusions de l'Association nationale d'Expansion économique tendant à la réforme des articles 419 et 420 du Code pénal et a appelé l'attention du gouvernement sur la nécessité et l'urgence de cette réforme ».

Législation, jurisprudence, réglementation

Décret et arrêté modifiant la composition du Conseil d'administration du Conservatoire national des Arts et Métiers et de la Commission technique du Laboratoire d'essais de cet établissement, et nommant des membres de ce Conseil d'administration et de cette Commission technique.

Le « Journal officiel » du 27 mai 1917 publie, p. 4200, les deux décrets et l'arrêté suivants pris en date du 26 mai 1917 :

1° Décret modifiant la composition du Conseil d'administration du Conservatoire national des Arts et Métiers et de la Commission technique du laboratoire d'essais de cet établissement.

ARTICLE PREMIER. — Les dispositions des articles 2 et 19 du décret susvisé du 19 février 1907 sont remplacées par les dispositions suivantes :

Art. 2. — Le Conseil d'administration est composé de vingt-quatre membres, savoir :

Le directeur du Conservatoire national des Arts et Métiers.

Le directeur de l'enseignement technique au ministère du Commerce.

Le président du Conseil municipal de Paris, ou un vice-président désigné chaque année par cette assemblée.

Le président de la Commission de l'enseignement du Conseil municipal de Paris.

Le président de la Chambre de commerce de Paris, ou un vice-président désigné chaque année par cette Compagnie.

Le président de la Société des ingénieurs civils.

Le président de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale.

Deux sénateurs nommés pour quatre ans par décret du Président de la République, sur la proposition du ministre du Commerce.

Deux députés nommés pour quatre ans par décret du Président de la République, sur la proposition du ministre du Commerce.

Huit membres choisis dans les corps savants, les services publics ou l'industrie, nommés pour quatre ans par décret du Président de la République, sur la proposition du ministre du Commerce.

Le directeur du laboratoire d'essais du Conservatoire national des Arts et Métiers.

Le directeur de l'Office national de la Propriété industrielle.

Trois professeurs du Conservatoire, élus tous les quatre ans par les professeurs titulaires de chaires et choisis par eux.

Trois délégués suppléants sont élus en même temps par les professeurs pour siéger temporairement au Conseil d'administration, en remplacement des professeurs délégués absents ou empêchés d'assister aux séances.

Art. 19. — La Commission technique du Laboratoire d'essais est nommée pour quatre ans par le ministre du Commerce, elle comprend :

Un membre du Conseil d'administration, président.

Le directeur du laboratoire.

Trois professeurs du Conservatoire, titulaires de cours se rapportant aux opérations du laboratoire.

Un membre du bureau national des poids et mesures.

Un représentant du ministère des Travaux publics.

Sept membres choisis dans les corps savants, les services publics ou l'industrie.

Un membre choisi parmi les directeurs des laboratoires d'essais privés.

Trois membres de la Chambre de commerce de Paris.

Un représentant de la Société des Ingénieurs civils de France.

Un représentant de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale.

Un membre du Comité des Forges de France.

Un membre de la Société centrale des Architectes français.

La Commission dispose d'un secrétaire choisi dans le personnel du laboratoire.

ART. 2. — Le ministre du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes est chargé de l'exécution du présent décret.

2° Décret nommant des membres du Conseil d'administration du Conservatoire national des Arts et Métiers.

Par décret du Président de la République, en date du 26 mai 1917, rendu sur la proposition du ministre du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes, ont été nommés membres du Conseil d'administration du Conservatoire national des Arts et Métiers :

M. Astier, sénateur.

M. Boudenoot, sénateur.

M. Millerand, député, ancien ministre.

M. Emile Picard, membre de l'Académie des Sciences.

M. Jules Niclausse, industriel, membre de la Commission technique du Laboratoire d'essais.

3° Arrêtés nommant le président du Conseil d'administration du Conservatoire national des Arts et Métiers et des membres de la Commission technique du Laboratoire d'essais du Conservatoire national des Arts et Métiers.

— Par arrêté du ministre du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes, en date du 26 mai 1917, M. Millerand, député, ancien ministre, est nommé président du Conseil d'administration du Conservatoire national des Arts et Métiers.

— Par arrêté du même jour, sont nommés membres de la Commission technique du laboratoire d'essais du Conservatoire national des Arts et Métiers :

M. Henry Le Chatelier, membre de l'Académie des Sciences.

M. Léon Lecornu, membre de l'Académie des Sciences.

M. Chesneau, représentant de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale.

M. Robert Delaunay-Belleville, ingénieur constructeur.

M. Despret, industriel, maître verrier.

M. Pascalis, membre de la Chambre de commerce de Paris, en remplacement de M. Jules Niclausse, nommé membre du Conseil d'administration.

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

1re Année. — Tome I. — N° 26. — 30 Juin 1917.

Chronique. — La reliure de la R. G. E. — Société internationale des Electriciens. — La normalisation électrique en France, p. 1001 et 1002.

Section scientifique et technique. — Sur les courbes caractéristiques et les conditions de stabilité des régimes, par J. Bethenod, p. 1003. — Un nouveau compteur à haute tension, par P.-F. Dufour, p. 1007. — Revues, analyses et informations : Analyse d'oscillogrammes de courts-circuits, p. 1012 ; Théorème de la conservation de la puissance réactive, p. 1015 ; Note sur les coups de bélier dans une conduite formée de trois sections de diamètres différents pour lesquelles la durée de propagation est la même, p. 1016 ; Sur l'emploi de la fluorescence et de la phosphorescence à la production d'effets lumineux, p. 1017 ; Les propriétés électriques des gaz, p. 1018.

Section industrielle. — Les derniers pas de géant de l'électricité en Amérique, par Louis Bichet, p. 1019. — Revues, analyses et informations : Nivellement des courbes de charge des consommateurs d'électricité, p. 1030 ; Organisation rationnelle d'une campagne commerciale d'une entreprise de distribution, p. 1032 ; La protection contre les surintensités dans la centrale de Golpa, p. 1033.

Section économique et financière. — Assemblées générales : Energie électrique du Littoral méditerranéen, p. 1035 ; Société Lyonnaise des forces motrices du Rhône, p. 1035 ; Société des Chemins de fer et Tramways du Var et du Gard (Tramways de Toulon), p. 1036.

Section de législation. — Concessions concurrentes de distribution d'énergie électrique, par J. de Rigney, p. 1037. — Législation jurisprudence, réglementation : Tribunaux, p. 1039 ; Loi concernant l'application de l'article 5 de la loi du 1er juillet 1916 (contribution extraordinaire sur les bénéfices réalisés pendant la guerre), p. 1040 ; Décret fixant la date du recensement professionnel des hommes de seize à soixante ans non présents sous les drapeaux, p. 1040 ; Décret approuvant la concession d'un réseau de distribution publique d'énergie électrique sur le territoire de la commune d'Aubusson (Creuse), p. 1040.

Erratum du numéro du 12 mai, p. 1040.

La reliure de la R. G. E. — Ce numéro termine le tome I de la « Revue générale de l'Électricité » ; les tables des matières et noms d'auteurs sont en préparation et seront annexées à l'un des prochains numéros, probablement celui du 14 juillet. Nous disons « probablement » car nous tenons à ce que, pour la commodité des recherches, toutes les tables des matières de la R. G. E. soient établies suivant les mêmes principes et quelques-uns de ceux-ci sont encore en examen. Si donc quelque retard survient dans la publication de ces tables, que nos lecteurs n'y voient qu'une conséquence de notre désir de faire le mieux possible ; nous les prions d'ailleurs de nous faire connaître leurs desiderata.

En ce qui concerne la reliure des numéros et des tables du premier volume, voici comment nous l'envisagions lors de la création de la Revue.

Les 26 fascicules de 40 pages du texte principal (soit au total 1040 pages, nombre qui, sans doute sera augmenté plus tard) doivent être, avec leurs tables des matières et des noms d'auteurs, reliés en un volume portant comme indications, suivant l'ordonnancement adopté : Revue générale de l'Électricité, tome I, 1er semestre 1917.

Les 26 fascicules de 8 pages de la « Documentation » (qui, en raison des pages d'annonces imprimées au verso, correspondent à $26 \times 16 = 416$ pages), gagneraient à être reliées à part avec les indications : Revue générale de l'Électricité, *Documentation*, tome I, 1er semestre 1917. Nous estimons toutefois qu'en raison de la faible épaisseur relative qu'aura ce volume, il serait préférable d'attendre la fin de l'année pour relier ensemble les 52 fascicules de l'année 1917 avec les indications : Revue générale de l'Électricité, *Documentation*, tomes I et II, 1917.

Les fascicules de « l'Union des Syndicats de l'Électricité » (dont les 12 parus pendant ce semestre ne forment que 80 pages) semblent ne devoir être reliés qu'à la fin de l'année 1917 (peut-être même 1918), avec les mentions : Revue générale de l'Électricité, *Union des Syndicats de l'Électricité*, tomes I et II (ou tomes I à IV), 1917 (ou 1917-1918).

Bien entendu, il est également possible de relier en un seul volume les fascicules du texte principal, de la « Documentation » et de l' « Union des Syndicats de l'Électricité » publiés durant le premier semestre 1917, en mettant sur la couverture Revue générale de l'Électricité, tome I, 1er semestre 1917. Mais on obtient ainsi un volume de plus de 1500 pages qui, par suite même de ce nombre considérable de pages, sera difficile à consulter sans le détériorer.

Ajoutons que nous eussions désiré pouvoir indiquer

Digitized by Google

à nos lecteurs un atelier de reliure leur donnant toutes garanties au point de vue de la solidité de la reliure, de la rapidité d'exécution et du prix. Les circonstances actuelles ne nous ont pas permis, jusqu'ici du moins, de réaliser ce désir.

Société internationale des Électriciens. — Le dernier numéro du « Bulletin de la Société internationale des Électriciens » publie divers rapports (rapport de la Commission des comptes, par Cellerier; rapport du Comité d'Administration, par le secrétaire général intérimaire; rapport sur le Laboratoire et l'École, par P. Janet), qui fournissent des renseignements fort intéressants sur la vie de la Société pendant l'année 1916.

Du rapport de la Commission des comptes il résulte que, pendant l'exercice 1916, l'avoir de la Société est passé de 219 390,94 fr à 247 642,60 fr, soit une augmentation de 28 251,66 fr provenant pour 18 002,46 fr du bénéfice net de l'exercice, pour 449,20 fr d'achats pour la bibliothèque, et pour 9 800 fr d'un placement des arrérages des legs Hughes et Cheux.

Les souscriptions pour le Laboratoire ont été de 15 650 fr comparables à celles de 1915 qui étaient de 15 400 fr, mais notablement inférieures à celles de 1913 qui atteignaient 30 270 fr; cette diminution, explicable par les circonstances actuelles, ne saurait évidemment être que momentanée. Les redevances pour essais d'étalonnements sont également en diminution : 44 010,05 fr en 1916, contre 46 699,50 fr en 1915 et 702 497,50 fr en 1914. D'autre part, les frais généraux d'exploitation du Laboratoire ont atteint seulement 54 198,55 fr, soit environ la moitié de ceux d'une année normale (103 282,30 fr en 1913). La balance accuse une différence de 486,80 fr en faveur des recettes.

Le compte de l'École supérieure d'Électricité présente un déficit de 14 635,25 fr.

Si donc on excepte l'École supérieure d'Électricité, la situation des divers services de la Société se présente dans des conditions relativement très satisfaisantes.

Le rapport du secrétaire général intérimaire, après avoir succinctement rappelé les travaux techniques de la Société pendant l'année 1916, publie la liste suivante des sociétaires tombés au champ d'honneur :

Jaulin (Julien), lieutenant aviateur, tué le 23 avril 1916, près d'Amiens;

Lecoq (Georges), enseigne de vaisseau aux canonniers marins, tué le 25 juin 1916, aux Eparges;

Perdrizet (Paul-Emile-Auguste-André), tué à Gerbevillers en septembre 1914;

Guinochet (René), sergent au 224e régiment d'infanterie, tué le 10 juillet 1916, à Estrées-Deniécourt (Somme);

Janny (Marcel), sous-lieutenant au 5e d'artillerie de campagne, tué le 30 juin 1916;

Letourneur (André-Yves-Edouard), lieutenant de vaisseau, disparu à bord du *Suffren;*

Ollivier (Ernest), sous-lieutenant au 4e régiment d'infanterie coloniale, tué en Champagne, le 5 novembre 1915;

Paty de Clam (E.-M. Michel du), lieutenant de vaisseau, mort glorieusement en mer, le 14 janvier 1917.

A cette liste funèbre, il conviendrait de joindre celle des sociétaires à qui les services rendus à la Défense nationale ont valu des distinctions honorifiques au titre militaire; dans l'impossibilité de pouvoir donner actuellement une liste complète, le rapporteur se borne à rappeler la nomination récente de M. Z. Joly, secrétaire général de la Société, au titre de chevalier de la Légion d'honneur, en raison des remarquables services qu'il a rendus comme capitaine territorial d'artillerie lourde.

D'après le rapport de M. Janet, les essais les plus intéressants effectués, cette année au Laboratoire, ont été effectués pour les besoins de la Défense nationale. A l'École supérieure, il a été délivré, à la fin de juillet 1916, 30 diplômes d'ingénieurs; le nombre des élèves de la 23e promotion (1916-17) n'est que de 28. Le nombre total des élèves ayant passé par l'École (non compris la promotion actuelle) est de 1 692 sur lesquels 1 442 ont obtenu le diplôme; ces derniers se décomposent ainsi :

Officiers et ingénieurs de l'Etat	180
Anciens élèves des Ecoles nationales d'Arts et Métiers	205
Licenciés ès sciences	193
Ingénieurs des Arts et Manufactures	136
Anciens élèves de l'Ecole polytechnique	132
Elèves étrangers diplômés d'Ecoles techniques supérieures	112
Ingénieurs civils des Mines, des Constructions civiles, des Constructions navales	25
Anciens élèves de l'Ecole centrale lyonnaise, de l'Ecole municipale de Physique et de Chimie, de l'Ecole supérieure d'aéronautique	11
Elèves reçus au concours et divers	428
	1442

La normalisation électrique en France. — Le Comité électrotechnique français, dont le compte rendu officieux de la dernière séance a été publié dans le numéro de la « Revue générale de l'Electricité » du 24 février, p. 285, vient d'être saisi de plusieurs projets de normalisation. Nous regrettons de ne pouvoir les mettre sous les yeux de nos lecteurs, leur reproduction étant interdite.

Il nous sera cependant permis de dire, ne serait-ce que pour montrer à ceux d'entre eux qui s'intéressent à la normalisation du matériel électrique en France qu'elle reste au premier rang des préoccupations des électriciens, que ces projets ont pour titres.

Câbles armés à isolant fibreux;

Unification des conditions techniques de la production et de la transmission de l'énergie électrique en France.

Règles françaises d'unification des machines électriques (moteurs de traction exceptés).

Ce dernier projet, le plus important, comprend trois parties, qui sont :

1° Définitions générales; définitions particulières; renseignements utiles pour l'offre et la demande de machines électriques; marque des machines; plaque signalétique; marque des bornes;

2° Conditions auxquelles doit satisfaire une machine électrique : températures, échauffement, rigidité diélectrique, commutation, construction mécanique, rendements et pertes;

3° Conditions spéciales pour les machines et transformateurs destinés aux distributions publiques.

Les textes de ces projets ont été rédigés en tenant compte des décisions déjà prises par le Comité électrotechnique français et en s'inspirant des règles nationales déjà publiées en Grande-Bretagne, aux États-Unis et en Italie. En outre, ils ont déjà été discutés avec les principaux intéressés suivant le processus indiqué précédemment ici, dans le numéro du 2 juin, page 847.

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

Sur les courbes caractéristiques et les conditions de stabilité des régimes

Comme suite à une étude antérieure parue l'an dernier dans la « Lumière électrique », l'auteur analyse en détail la stabilité de vitesse du système mécanique tournant formé par un moteur shunt à courant continu, accouplé à un alternateur débitant sur un circuit à capacité. Cette étude le conduit à une définition générale de la stabilité des systèmes mécaniques ou électriques.

Sous le titre ci-dessus, nous avons publié l'an dernier, dans « La Lumière électrique » (1), une étude où il est fait allusion très incidemment à la stabilité de vitesse des systèmes mécaniques tournants et notamment à celle du système formé par un moteur shunt à courant continu, accouplé à un alternateur débitant sur un circuit à capacité.

Eu égard au grand intérêt pratique que peut présenter l'étude de la stabilité d'un tel système, dans le cas notamment où il s'agit d'un alternateur à haute fréquence alimentant directement une antenne, nous nous proposons de publier ici, en détail, le résultat de nos réflexions sur le sujet.

1° Evaluation du couple électromagnétique résistant C_a, créé par le débit de l'alternateur, en fonction de la vitesse angulaire. — Désignons par :

E, la force électromotrice engendrée par l'alternateur à une certaine vitesse angulaire correspondant à la pulsation Ω;

R, la résistance ohmique apparente (tenant compte éventuellement du rayonnement) du circuit complet;

L, la self-inductance apparente dudit circuit (y compris une inductance additionnelle représentant, en première approximation, l'effet de la réaction d'induit de l'alternateur);

C, sa capacité.

L'excitation de l'alternateur étant constante, la force électromotrice engendrée à la vitesse correspondant à la pulsation ω sera $E \times \frac{\omega}{\Omega}$; nous prendrons comme variable cette pulsation ω, proportionnelle à la vitesse angulaire du système, et nous définirons la valeur constante de la pulsation Ω par l'égalité

$$(1) \qquad \Omega^2 LC = 1.$$

(1) *La Lumière électrique*, n° 42, 14 octobre 1916, 2e série, t XXXV.

Dans ces conditions, le courant I qui circule pour la pulsation ω est donné par l'expression :

$$(2) \qquad I = \frac{E \times \frac{\omega}{\Omega}}{\sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2}},$$

et par conséquent la puissance totale de l'alternateur peut s'écrire en fonction de ω, en tenant compte de 1) :

$$W = RI^2 = \left(\frac{\omega}{\Omega}\right)^2 \times \frac{E^2 R}{R^2 + L^2\left(\omega - \frac{\Omega^2}{\omega}\right)^2}.$$

Le couple C_a est évidemment égal au quotient $\frac{W}{\omega}$; on obtient ainsi :

$$(3) \qquad C_a = \frac{\omega}{\Omega^2} \times \frac{E^2 R}{R^2 + L^2\left(\omega - \frac{\Omega^2}{\omega}\right)^2}.$$

Le maximum de cette expression correspond naturellement au minimum de l'expression

$$\frac{R^2 - 2L^2\Omega^2}{\omega} + L^2\omega + L^2\frac{\Omega^4}{\omega^3},$$

qui a lieu pour une valeur de ω annulant la dérivée :

$$L^2\omega^4 + [2L^2\Omega^2 - R^2]\,\omega^2 - 3L^2\Omega^4 = 0.$$

La seule solution admissible ici est :

$$(4) \qquad \omega^2 = \Omega^2\left[2\sqrt{1 - \frac{R^2}{4L^2\Omega^2} + \frac{R^4}{16L^4\Omega^4}} - 1 + \frac{R^2}{2L^2\Omega^2}\right].$$

Il est facile de vérifier que la valeur de ω définie par 4) est déjà pratiquement égale à Ω quand le rap-

Digitized by Google

port $\frac{R}{L\Omega}$ est inférieur à $\frac{20}{100}$. Or, cette valeur est très facilement dépassée lorsqu'il s'agit d'un alternateur à haute fréquence travaillant sur une antenne. Prenons, par exemple, le cas d'un alternateur à 30 000 périodes alimentant directement une antenne dont la capacité est égale à $\frac{2,5}{100}$ microfarad ; à la fréquence sus-indiquée la résistance ohmique apparente de l'antenne est de 5 ohms environ, en tenant compte de la self-inductance d'antenne qui sert à accorder le système antenne-alternateur-terre sur la fréquence 30 000. Quant à l'alternateur, sa résistance ohmique apparente est de l'ordre de 1,25 ohm [y compris l'effet des connexions] (1). On déduit de ces données que la réactance totale $L\Omega$ du circuit vaut :

$$\frac{1}{6,28 \times 30\,000 \times \frac{2,5}{10^6}} = 212 \text{ ohms environ.}$$

Le rapport $\frac{R}{L\Omega}$ est donc inférieur ici à $\frac{3}{100}$.

D'autre part, comme le couple C_a est nul pour $\omega = o$ et pour $\omega = \infty$, ses variations en fonction de la vitesse

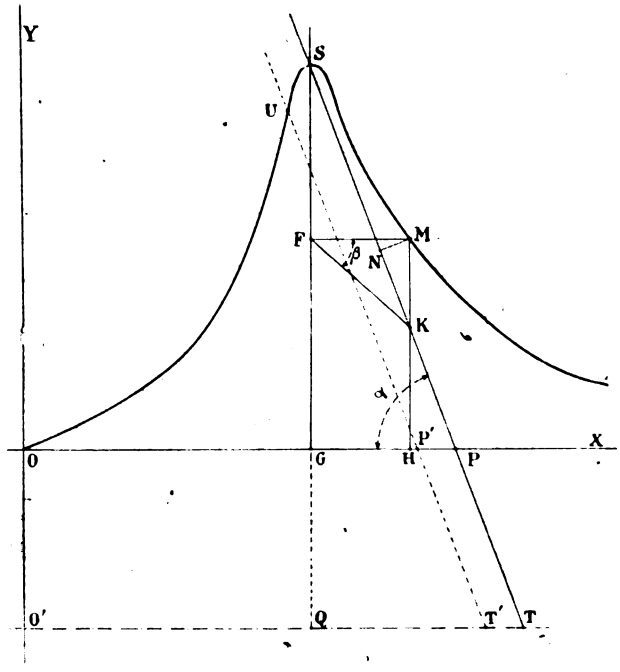


Fig. 1.

de l'alternateur seront données par une courbe telle que O S M (fig. 1), l'abscisse $\overline{OG}$ mesurant pratiquement la vitesse de résonance ($\omega = \Omega$).

(1) Une semblable machine posséderait une force électromotrice à vide de 800 v environ et pourrait ainsi débiter un courant approximatif de 128 v dans l'antenne. Sa réactance propre serait de 12 ohms environ.

2° Evaluation du couple C_m du au moteur shunt, en fonction de la vitesse. — La tension du réseau alimentant ce moteur étant supposée maintenue constante, le couple disponible sur son arbre peut être considéré, en première approximation, comme proportionnel à l'écart $\omega_o - \omega$, ω_o étant la pulsation correspondant à la vitesse à vide dudit moteur (1).

D'autre part, une fois le régime de vitesse établi, le couple C_m doit équilibrer le couple C_a et le couple C_r, dû aux diverses résistances passives indépendantes du débit de l'alternateur :

$$C_m = C_a + C_r. \tag{5}$$

Ce couple C_r est dû principalement à la ventilation, à moins que le rotor de la machine à haute fréquence ne tourne dans un vide suffisant. En conséquence, le couple en question peut varier considérablement en fonction de la vitesse ; toutefois, d'après la formule (3) et en tenant compte des chiffres indiqués plus haut, les variations du couple C_a sont beaucoup plus importantes encore, tant que l'on ne s'éloigne pas trop de la vitesse de résonance $\overline{OG}$ (fig. 1). Notre analyse se trouvant justement limitée aux régimes très voisins de la résonance, régimes seuls intéressants en pratique, nous admettrons donc, en première approximation, que le couple C_r demeure constant et se trouve mesuré par l'ordonnée $\overline{OO'}$, tant que l'on s'écarte très peu de la vitesse de résonance. Le couple résistant total à cette dernière vitesse est mesuré par l'ordonnée $\overline{SQ}$, et si l'on veut que l'alternateur fonctionne juste en résonance ($\omega = \Omega$), la droite représentative du couple C_m doit passer par le point S, la longueur $\overline{QT}$ mesurant l'écart $\omega_o - \omega$ défini ci-dessus. Quant à la longueur $\overline{GP}$, elle mesure l'écart de vitesse entre le fonctionnement à pleine charge de l'alternateur et le fonctionnement à vide de celui-ci. Pour juger de la stabilité du régime correspondant à la marche en résonance, supposons qu'une légère augmentation de vitesse du groupe se produise fortuitement ; soit $\overline{GH}$ sa mesure [dont la grandeur a été exagérée à dessein sur la figure, pour plus de clarté]. Il est clair que le régime sera d'autant plus stable que le segment $\overline{MK}$ (mesurant la différence $C_a + C_r - C_m$) sera plus grand, pour une valeur donnée de $\overline{GH}$. On est ainsi conduit à prendre pour mesure de la stabilité en S la limite du rapport $\frac{\overline{MK}}{\overline{GH}}$

(1) Rappelons ici l'analogie complète entre un moteur à courant continu avec excitation constante et un moteur polyphasé asynchrone idéal, c'est-à-dire dont la résistance ohmique primaire et les fuites magnétiques seraient négligeables, ainsi que le courant magnétisant, la vitesse ω_o étant regardée comme une pseudo-vitesse de synchronisme. Bien entendu, l'on admet implicitement que le moteur est muni d'un enroulement compensateur, supprimant pratiquement l'effet de la réaction d'induit ; en fait, cet enroulement sera toujours utilisé, un moteur shunt entraînant une machine à haute fréquence devant être construit sur les mêmes bases qu'une turbo-dynamo.

Digitized by Google

quand GH tend vers o, ou mieux en passant aux accroissements relatifs :

$$\sigma = \lim. \frac{\frac{\overline{MK}}{\overline{SQ}}}{\frac{\overline{GH}}{\overline{OG}}},$$

c'est-à-dire

$$\sigma = \frac{\overline{OG}}{\overline{SQ}} \times \lim. \frac{\overline{MK}}{\overline{MF}}$$

ou

$$\sigma = \frac{\overline{OG}}{\overline{SQ}} \times \lim. \operatorname{tg} \beta.$$

Il est facile de calculer la limite en question pour le point S correspondant à la résonance; en ce point, en effet, la tangente à la courbe des C_a est très sensiblement voisine de o, et l'on peut écrire :

$$\lim. \operatorname{tg} \beta = \operatorname{tg} \alpha = \frac{\overline{SQ}}{\overline{OT}},$$

d'où

$$(5) \qquad \sigma = \frac{\overline{OG}}{\overline{QT}} = \frac{\Omega}{\omega_0 - \Omega}.$$

On réaliserait ainsi une très grande stabilité pour le régime considéré et elle serait indépendante du rapport $\frac{L\Omega}{R}$, c'est-à-dire de l'acuité de la résonance.

Mais il est bien certain qu'en pratique, l'obtention d'une valeur élevée pour σ ne suffit pas pour donner toute garantie au point de vue de la stabilité; si la courbe des C_a est très aiguë, il suffirait, en effet, que la droite $\overline{TS}$ change tant soit peu d'inclinaison, ou que la longueur $\overline{TO'}$ varie légèrement pour que cette droite coupe la courbe des C_a à droite du point S, c'est-à-dire donne lieu à un régime instable, ou tout au moins fort peu stable. (Voir ci-après la généralisation du coefficient de stabilité.)

Pour atteindre une sécurité complète, il faut donc que, pour un certain accroissement fini $\overline{GH}$ de la vitesse, la différence $\overline{MK}$ entre $C_a + C_r$ et C_m soit suffisamment élevée.

En outre, lorsque $\overline{MK}$ croît indéfiniment depuis o, cette différence *peut* passer par un minimum avant de croître elle-même indéfiniment. L'existence éventuelle d'un tel minimum est évidemment défavorable, et il est intéressant de rechercher les conditions auxquelles la différence $\overline{MK}$ croît indéfiniment depuis o, lorsque l'accroissement $\overline{GH}$ varie lui-même depuis o jusqu'aux plus grandes valeurs. Abaissons la normale $\overline{MN}$ sur $\overline{TS}$; sa longueur est justement proportionnelle à $\overline{MK}$ (puisque $\widehat{KMN} = \alpha$).

La courbe SM étant considérée comme rapportée à la droite ST, comme axe des abscisses, il est clair qu'il n'existera aucun minimum pour l'ordonnée $\overline{MN}$ (et par suite pour $\overline{MK}$) si la tangente à la courbe en question ne devient jamais parallèle à cet axe $\overline{ST}$, lorsque l'abscisse $\overline{SN}$ croît indéfiniment. Ceci revient à dire qu'en retournant aux axes de coordonnées OX et OY, la valeur absolue de la tangente en un point quelconque M de la courbe S M Z doit satisfaire à l'inégalité

$$(6) \qquad \left|\frac{dC_a}{d\omega}\right| < \operatorname{tg} \alpha.$$

Moyennant quelques approximations, d'ordinaire justifiées en pratique, il est facile d'ailleurs d'évaluer la valeur de la tangente au point M.

A cet effet, remarquons tout d'abord que, suivant ce qui a été dit plus haut, la courbe des C_a est pratiquement très aiguë et que, par conséquent, on peut admettre que la différence $\omega - \Omega$ demeure très petite pour toute la région qui nous intéresse.

En posant dès lors

$$(7) \qquad g = \frac{\omega - \Omega}{\Omega},$$

la formule (3) devient

$$(3') \qquad C_a = \frac{1+g}{\Omega} \times \frac{E^2 R}{R^2 + L^2\Omega^2 \left[\frac{(1+g)^2 - 1}{1+g}\right]^2},$$

soit sensiblement

$$(3'') \qquad C_a \simeq \frac{E^2}{\Omega R} \times \frac{(1+g)\,R^2}{R^2 + 4L^2\Omega^2 g^2}.$$

Cette dernière formule permet aisément le calcul de la valeur absolue de $\frac{dC_a}{\Omega dg}$; on obtient de suite :

$$\frac{dC_a}{\Omega dg} \simeq \frac{E^2}{\Omega^2 R} \times \frac{R^4 - 4R^2L^2\Omega^2 g^2 - 8R^2L^2\Omega^2 g}{[R^2 + 4L^2\Omega^2 g^2]^2}.$$

Au degré d'approximation convenu, les deux premiers termes du numérateur du second facteur du deuxième membre sont rapidement négligeables devant le troisième lorsque g croît; en effet $4g^2$ est toujours négligeable devant $8g$, et il en est bientôt de même du quotient $\frac{R^2}{L^2\Omega^2}$ (qui vaut moins de $\frac{9}{10\,000}$ dans

Digitized by Google

l'exemple choisi plus haut). On peut donc écrire :

$$(8) \qquad \left|\frac{dC_a}{\Omega\, d\Omega}\right| \cong \frac{E^2}{\Omega^2 R} \times \frac{8R^2L^2\Omega^2 g}{[R^2 + 4L^2\Omega^2 g^2]^2}.$$

En fonction de g, cette expression passe par un maximum lorsque la variable remplit la condition

$$(9) \qquad -\frac{R^4}{g^2} + 8R^2L^2\Omega^2 + 48L^4\Omega^4 g^2 = 0,$$

soit

$$(10) \qquad 48\,g^4 + 8\,m^2 g^2 - m^4 = 0,$$

en posant

$$m = \frac{R}{L\Omega}.$$

De (10), on tire

$$g^2 = m^2 \times \frac{-4 \pm \sqrt{64}}{48},$$

c'est-à-dire

$$g^2 = \frac{m^2}{12},$$

en se bornant à l'unique solution réelle. Le maximum en question a donc lieu effectivement pour une très petite valeur de g.

En substituant cette valeur de g dans l'expression (8), on obtient finalement

$$\left|\frac{dC_a}{\Omega\, d\Omega}\right| \cong \frac{E^2}{\Omega^2 R} \times \frac{8R^2 \times L\Omega \times \dfrac{R}{2\sqrt{3}}}{R^4\left[1 + \dfrac{1}{3}\right]^2}$$

$$\cong \frac{E^2}{\Omega^2 R} \times \frac{1}{m} \times \frac{3\sqrt{3}}{4}.$$

Or, il est facile d'évaluer l'inclinaison de la droite des C_m; en désignant par $k\omega_0$ ($k < 1$) la vitesse *du groupe* à vide (mesurée par $\overline{OP}$), on écrit de suite

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{\overline{GS}}{\overline{PG}} = \frac{E^2}{\Omega R \times (k\omega_0 - \Omega)}.$$

L'inégalité (6) devient ainsi :

$$(6') \qquad \frac{k\omega_0 - \Omega}{\Omega} < \frac{4m}{3\sqrt{3}}.$$

Si l'on se reporte maintenant à l'exemple cité plus haut, l'on se rend compte immédiatement que l'inégalité (6') nécessitera généralement, pour être satisfaite en pratique, l'adoption d'un moteur électrique comportant une variation de vitesse $\dfrac{k\omega_0 - \Omega}{\Omega}$ extrêmement réduite, lorsque le débit de l'alternateur passe de o à sa valeur maximum. On sera ainsi, le plus souvent, conduit à l'emploi d'un moteur susceptible de développer une puissance utile très notablement supérieure à celle qui correspond au fonctionnement normal du groupe moteur-alternateur (1).

Faute de cette précaution, la stabilité de fonctionnement peut encore demeurer précaire, en dépit de l'égalité (5), et l'on sera amené alors à régler les diverses constantes de façon que la droite caractéristique des C_m puisse être représentée par une droite telle que $\overline{T'P'}$, coupant en U la courbe des C_a. Il est bien évident que la sécurité, au point de vue stabilité, sera grandement accrue, même pour un faible écart $\overline{PP'}$. Le régime de fonctionnement défini par le point U revient naturellement à faire tourner le groupe à une vitesse légèrement inférieure à la vitesse de résonance $\overline{OG}$, au prix d'un certain sacrifice sur la puissance produite par l'alternateur (2) Bien entendu, nous avons toujours supposé, dans cette étude, que le groupe moteur-alternateur ne comportait aucun artifice, régulateur ou autre, destiné à accroître la stabilité de fonctionnement et que celle-ci était uniquement assurée par l'allure des couples moteur et résistants ; de semblables artifices peuvent évidemment améliorer beaucoup cette stabilité, mais il convient, toutefois, de ne pas trop compter sur eux.

Enfin, dans le cas, assez fréquent en pratique, où l'alternateur alimente l'antenne par l'intermédiaire d'un transformateur, les considérations qui précèdent s'appliquent immédiatement lorsque ce transformateur ne présente pas de fuites magnétiques trop accusées (par exemple, transformateur avec noyau en tôles extra-minces, analogue aux transformateurs industriels).

Dans le cas de fuites magnétiques importantes, ces considérations peuvent encore, *en première approximation*, être considérées comme valables ; nous entreprendrons du reste une étude détaillée de ce cas dans un article ultérieur (3).

J. Bethenod.

(1) Il est facile de vérifier que les approximations faites pour l'établissement de la formule (8) augmentent la difficulté de l'inégalité (6) ; mais cette légère aggravation constitue une marge de sécurité, qui devra même être dépassée en pratique.

(2) C'est à un tel régime qu'il est fait allusion dans l'étude précitée ; l'omission du mot *très*, page 31, première colonne, ligne 14, devant le mot *stable*, rend d'ailleurs nos conclusions trop sévères en ce qui concerne la marche en résonance.

(3) Il est facile d'étendre au point de fonctionnement U (fig. 1) la notion de stabilité définie pour le point S [formule (5)]. Du reste, d'une façon tout à fait générale, soient

Digitized by Google

Un nouveau compteur à haute tension

L'auteur décrit un nouveau compteur à haute tension qu'il a fait breveter et qui présente la particularité de ne posséder que des organes à basse tension et pas de transformateur de mesure, le transformateur de l'abonné jouant lui-même le rôle de transformateur de mesure. Ce nouveau compteur, moins coûteux que les appareils actuels, permettra l'application du doublement des compteurs, dont la dépense a toujours fait reculer fournisseurs et abonnés malgré les avantages qu'il présente.

Les compteurs actuels « à haute tension » sont constitués par un compteur ordinaire à basse tension alimenté par des transformateurs de mesure branchés sur le circuit haute tension, et ils présentent, du fait de ces transformateurs à haute tension, de nombreux inconvénients. Dans un récent article (Les contrats de vente d'énergie et les compteurs à haute tension, n° 20 de la « R. G. E. »), nous avons parlé de ces inconvénients et nous avons montré que la nécessité de vendre avec des tarifs à haute tension imposait néanmoins des compteurs assurant l'enregistrement de l'énergie avant les transformateurs abaisseurs des clients.

Le système de compteur que nous allons décrire (1) ne comporte absolument que des organes à basse tension. Il supprime les transformateurs de mesure montés sur le circuit haute tension, et cela en faisant remplir leur office par le transformateur d'énergie lui-même, ou transformateur abaisseur alimentant le client.

L'enregistrement de l'énergie :

$P_h\,dt$ aux bornes haute tension de ce transformateur est réalisé sous la forme :

$$P_h dt = P_b dt + P_0 dt + [R_2 I_2^2 + R_1 (I_1 - I_0)^2]\,dt$$

$P_h\,dt$ représentant l'énergie, correspondant au temps dt, aux bornes haute tension du transformateur;

$P_b\,dt$, l'énergie correspondant au temps dt, aux bornes basse tension de transformateur;

P_0, les pertes à vide du transformateur;

R_1, la résistance de l'enroulement haute tension ou primaire;

R_2, la résistance de l'enroulement basse tension ou secondaire;

C_m et C_r les couples moteur et résistant d'un système mécanique tournant quelconque, en fonction de la vitesse angulaire ω, *les courbes représentatives suivant des lois quelconques ;* soit M le point d'intersection des deux courbes en question. La stabilité du régime ainsi déterminé sera mesurée par le rapport

$$\sigma = \frac{\omega}{C_m} \times \frac{dC_r - dC_m}{d\omega},$$

c'est-à-dire géométriquement par

$$\sigma = \frac{\overline{MV}\,\mathrm{tg}\,\delta - \overline{MV}\,\mathrm{tg}\,\gamma}{\overline{OV}},$$

ou plus simplement par

$$\sigma = \frac{\overline{AB}}{\overline{OV}}. \qquad (11)$$

Naturellement, une valeur nulle pour σ correspond tout au plus à une stabilité extrêmement précaire, et une valeur négative comporte une instabilité irréductible.

Enfin, il va de soi que cette notion de σ s'étend aux phénomènes électriques, en reprenant en sens inverse l'analogie rappelée dans notre première étude. On peut notamment prendre un courant comme variable, au lieu d'une vitesse, et des forces électromotrices ou chutes de tension comme fonctions au lieu des couples C_m et C_r.

Dans cet ordre d'idées, il est intéressant de remarquer que, si l'on applique la construction de la figure 2 [formule (11)] au cas d'une dynamo shunt fonctionnant à vide, l'on constate que le coefficient σ est justement l'inverse du coefficient Δ que M. Boucherot désigne par *variation cinétique de tension*. Voir aussi l'intéressante étude de M. Guéry, « La Revue électrique », n° 31, 15 avril 1905, tome III, p. 193, dans laquelle la définition de M. Boucherot se trouve étendue aux variations de tension dues à une variation d'ampèretours opposés à ceux de l'inducteur.

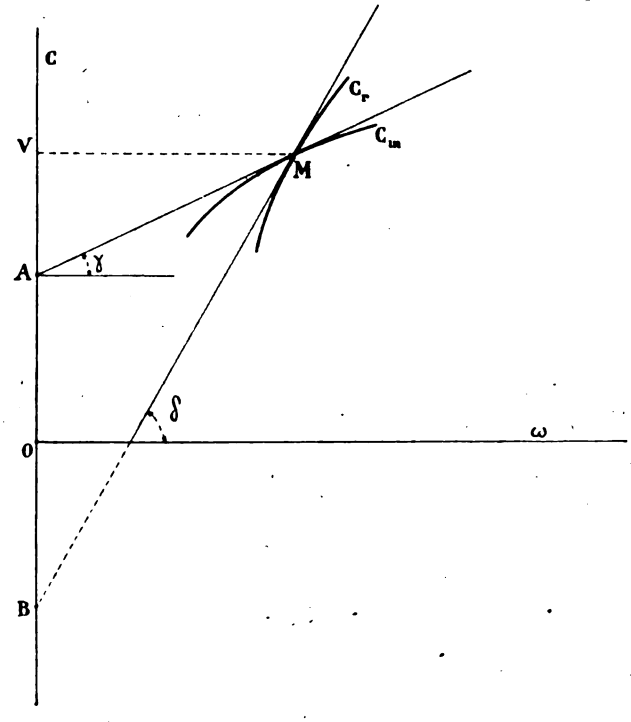


Fig. 2.

(1) *Brevet français* n° 482 573.

Digitized by Google

I_1, le courant primaire;
I_0, le courant primaire à vide;
I_2, le courant secondaire.

Cette méthode d'enregistrement de l'énergie livrée à un transformateur correspond à la méthode des pertes séparées, couramment employée dans les mesures de puissances ou de rendements lors des essais de machines électriques, et, en particulier, pour les essais de transformateurs.

L'enregistrement de $P_b\,dt$ est assuré par un compteur à basse tension ordinaire, celui de $P_0\,dt$ et de $[R_2 I^2_2 + R_1 (I_1 - I_0)^2]\,dt$ est assuré par des organes spéciaux.

Ces organes peuvent constituer un compteur séparé, ayant soit sa minuterie particulière, soit une minuterie commune avec le compteur à basse tension ou compteur principal; mais il est préférable de les faire agir directement sur l'organe ou les organes mobiles du compteur principal. Ce compteur se trouve alors soumis, dès sa mise sous tension, à un couple moteur relativement considérable et provenant d'un organe distinct; de plus, les pertes à vide dans un transformateur étant sensiblement constantes, ce couple moteur au démarrage est lui-même constant. Il en résulte que le réglage à toutes charges du compteur principal peut être établi beaucoup

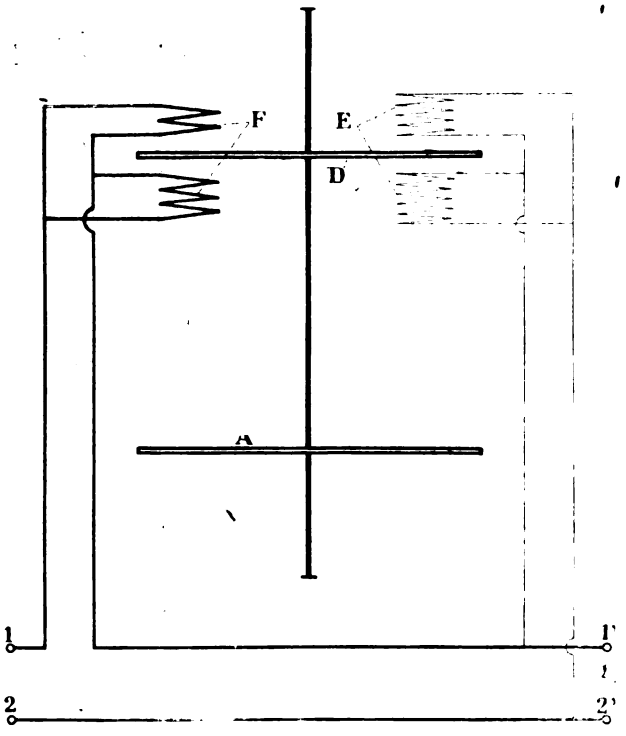


Fig. 1. — Schéma des organes spéciaux enregistrant $P_0\,d\,t$ et $[R_2 I_2^2 + R_1 (I_1 - I_0)^2]\,d\,t$. (Les enroulements du compteur ordinaire ne sont pas représentés.)

plus facilement et d'une manière plus précise, et qu'on évite les inconvénients que présenterait, pour le compteur principal isolé, un réglage précis à faible charge, danger de marche à vide, influence des frottements au démarrage, etc.

La figure 1 représente schématiquement l'application de ce système à un compteur monophasé enregistrant l'énergie fournie à un seul transformateur :

A est l'organe mobile du compteur principal qui est soit un compteur à champ tournant, soit un compteur moteur (les enroulements de ce compteur ne sont pas figurés sur le schéma).

D est un disque métallique monté sur le même arbre que A, et sur lequel agissent les organes spéciaux E et F servant à l'enregistrement, le premier de

$$P_0\,dt,$$

et le second de

$$[R_2 I_2^2 + R_1 (I_1 - I_0)^2]\,dt.$$

E comprend deux bobines de réactances différentes, montées en parallèle entre les deux fils de phase 1 — 1' et 2 — 2'. Soient :

U_2 la tension entre 1 — 1' et 2 — 2' ou tension aux bornes secondaires du transformateur;

r et r' les résistances respectives des deux bobines;

i et i' les intensités des courants qui les parcourent;

φ et φ' les décalages de ces courants par rapport à U_2; on a :

$$i = \frac{U_2 \cos \varphi}{r}$$

$$i' = \frac{U_2 \cos \varphi'}{r'}$$

et la valeur du couple moteur exercé par E sur le disque D sera proportionnelle à :

$$\frac{U_2^2}{rr'} \cos \varphi \cos \varphi' \sin (\varphi' - \varphi).$$

Or, les pertes à vide du transformateur sont, à un coefficient de proportionnalité près :

$$P_0 = U_1 I_0 \cos \Phi_0,$$

U_1 étant la tension aux bornes du primaire;
I_0 le courant primaire à vide;
Φ_0 l'angle de déphasage entre U_1 et I_0.

En remplaçant I_0 par sa valeur $\frac{U_1 \cos \Phi_0}{R_1}$, on a :

$$P_0 = \frac{U_1^2}{R_1} \cos^2 \Phi_0.$$

Tant que le transformateur ne débite pas, U_2 est proportionnel à U_1 :

$$U_2 = m U_1$$

m étant le rapport de transformation à vide; et pour que le couple moteur produit par E soit proportionnel

Digitized by Google

à P_0, il suffit que l'on ait, à un coefficient de proportionnalité près :

$$\cos^2\Phi_0 = \cos\varphi \cos\varphi' \sin(\varphi' - \varphi) \qquad (1)$$

ce qu'on peut obtenir facilement :

Φ_0, φ et φ' varient en effet avec la fréquence, et avec les selfs-inductions respectives du transformateur et des bobines E ; en réglant convenablement la saturation du fer de ces bobines, on obtient la réalisation de la proportionnalité (1) entre les limites où elle est nécessaire. On peut aussi régler les valeurs de la saturation magnétique dans chacune des bobines de E, de telle façon que les variations de cos φ et de cos φ' soient sensiblement proportionnelles entre elles ; l'expression (1) devient alors, toujours à un coefficient de proportionnalité près :

$$\cos^2\Phi_0 = \cos^2\varphi \sin(\varphi' - \varphi)$$

et on obtient sa réalisation en faisant :

$$\varphi = \Phi_0$$

et en donnant à sin $(\varphi' - \varphi)$ une valeur assez rapprochée de l'unité pour qu'à une variation relativement considérable de l'angle $(\varphi' - \varphi)$ ne corresponde qu'une faible variation de son sinus.

En fait, les pertes à vide d'un transformateur étant pratiquement constantes, il suffira de s'approcher des conditions ci-dessus ; mais la possibilité de leur réalisation fait voir que le problème peut être serré d'aussi près qu'on le veut.

Lorsque le secondaire du transformateur débite, son rapport de transformation n'est plus constant ; il varie avec le courant secondaire débité et avec son décalage. Pour que E continue à produire un couple moteur proportionnel à P_0, il faut faire subir au champ de ses bobines une correction sensiblement proportionnelle à I_2 et à une fonction du décalage, Φ_2, de I_2 sur U_2. En effet, la tension U_2 en charge est, comme l'indique le diagramme de la figure 2, la résultante de mU_1 et de la

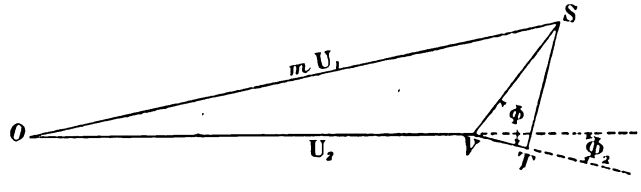


Fig. 2.

chute totale de tension représentée par le vecteur $\overline{VS}$. Or, $\overline{VS}$ étant petit par rapport à mU_1 et à U_2, c'est-à-dire par rapport à $\overline{OS}$ et $\overline{OV}$, l'angle $\widehat{SOV}$ est lui-même très petit, et l'erreur commise en confondant $\overline{OS}$ avec sa projection sur $\overline{OV}$ est très faible. On a donc, à cette approximation près :

$$U_2 = mU_1 - \overline{VS}\cos(\Phi - \Phi_2)$$

Φ étant l'angle de décalage entre $\overline{VS}$ et $\overline{VT}$.

Mais on sait que :

$$\overline{VS} = \sqrt{(R_2 + mR_1)^2 + \omega^2 (L_2 + mL_1)^2}\,.I_2.$$

En posant :

$$K = \sqrt{(R_2 + mR_1)^2 + \omega^2 (L_2 + mL_1)^2}$$

on a :

$$\overline{VS} = KI^2$$

et :

$$U_2 = mU_1 - KI_2\cos(\Phi - \Phi_2). \qquad (2)$$

K varie avec la pulsation ω ; mais, dans les distributions industrielles, les variations de ω sont assez faibles pour qu'on puisse, sans erreur appréciable, considérer K comme constant.

La correction s'effectuera donc en ajoutant aux bobines de E un enroulement monté soit en série sur un des fils de phase, soit en dérivation sur une résistance montée en série sur un des fils de phase : en dérivation sur les enroulements ou l'un des enroulements du système F par exemple. L'enroulement correcteur peut être disposé de façon à compenser le champ de chacune des bobines de E, pour que ces champs restent aussi exactement que possible proportionnels à U_1. Ou bien il peut former une bobine spéciale constituant avec la bobine convenable de E, ou même avec les deux bobines de E, et avec le disque D un petit compteur à champ tournant fournissant un couple proportionnel à

$$U_2 I_2 \cos(\Phi - \Phi_2);$$

en effet :

$$mU_1 = U_2 + KI_2\cos(\Phi - \Phi_2)$$

et

$$m^2U_1^2 = U_2^2 + [KI_2\cos(\Phi - \Phi_2)]^2 + 2KU_2I_2\cos(\Phi - \Phi_2);$$

mais, $KI_2\cos(\Phi - \Phi_2)$ étant petit par rapport à U_2, on peut négliger $[KI_2\cos(\Phi - \Phi_2)]^2$ devant les autres termes et admettre que :

$$m^2U_1^2 = U_2^2 + 2KU_2I_2\cos(\Phi - \Phi_2).$$

L'expression

$$P_0 = \frac{U_1^2}{R_1}\cos^2\Phi_0$$

Digitized by Google

devient alors, à un coefficient de proportionnalité près :

$$P_0 = U_2^2 \cos^2\Phi_0 + 2KU_2I_2 \cos(\Phi - \Phi_2)\cos^2\Phi_0$$

expression dans laquelle il y a lieu de remarquer qu'on peut, dans le terme

$$2KU_2I_2 \cos(\Phi - \Phi_2)\cos^2\Phi_0,$$

considérer $\cos^2\Phi_0$ comme constant, pour les mêmes raisons qui permettent de le faire pour K, et à cause de la faible grandeur relative de ce terme. Le couple proportionnel à $U^2_2 \cos^2\Phi_0$ se trouve produit par les deux bobines principales du système E ; le couple correcteur doit donc bien être proportionnel à

$$U_2I_2 \cos(\Phi - \Phi_2).$$

L'erreur commise en considérant K comme constant peut servir à compenser l'erreur commise par le compteur principal lorsque la fréquence varie. D'une façon générale, la présence des systèmes E et F fournit du reste des moyens supplémentaires pour un réglage précis du compteur.

Au lieu d'être constitué par une bobine de E et une bobine parcourue par tout ou fraction du courant I_2, le compteur donnant le couple correcteur peut être constitué par une des bobines du système F décrit ci-après et par une bobine montée en série ou en parallèle avec l'ensemble ou avec l'une des bobines du système E.

On peut aussi, en disposant convenablement les systèmes E et F, utiliser, pour produire le couple correcteur, leurs réactions réciproques sur les courants qu'ils induisent dans le disque D et éviter ainsi l'établissement d'un enroulement spécial.

Le système F comprend deux bobines de réactances différentes, montées en parallèle et dont l'ensemble est intercalé dans un des fils de phase (voir fig. 1).

Ces deux bobines agissant sur le disque D, leur couple moteur est proportionnel à :

$$I_2^2 \sin\psi, \qquad (3)$$

ψ étant l'angle de décalage entre les courants qui traversent les bobines. Cet angle de décalage varie seulement avec la fréquence, si on fait les bobines sans fer; et en supposant la fréquence constante, ce qui donne une exactitude suffisante, sin ψ est constant et le couple moteur produit par le système F est proportionnel à I_2^2.

Or

$$\int [R_2I_2^2 + R_1(I_1 - I_0)^2]dt$$

est aussi proportionnel à I_2^2.

En effet :

$$I_2 = \frac{1}{m}(I_1 - I_0),$$

d'où :

$$R_2I_2^2 + R_1(I_1 - I_0)^2 = R_2I_2^2 + R_1m^2I_2^2 = (R_2 + m^2R_1)I_2^2 = I_2^2 \times C^{te},$$

m étant le rapport de transformation à vide.

L'erreur, du reste très faible, commise en considérant, dans l'expression (3), sin ψ comme constant, peut être compensée au moyen de l'erreur en sens inverse provenant de ce qu'on admet que K est constant dans l'expression (2) relative au système E.

Le schéma de la figure 1 se rapporte à un compteur monophasé, ainsi que les développements qui précèdent; mais les mêmes principes et dès dispositifs analogues peuvent s'appliquer aux compteurs polyphasés. Nous n'y insisterons pas.

Pour permettre au compteur d'enregistrer l'énergie fournie à plusieurs transformateurs, on peut employer divers dispositifs : systèmes E et F multiples, ou bien systèmes E et F uniques avec enroulements superposés ou avec relais multiplicateurs, etc.

Nous n'insisterons pas non plus sur ces dispositifs, car, dans le cas de plusieurs transformateurs, la solution la plus simple consiste à munir chaque transformateur de son compteur complet. Cette solution est rendue pratique par le faible prix du moteur compteur et elle présente de sérieux avantages : elle divise les chances d'erreurs par arrêt ou mauvais fonctionnement du compteur.

Elle diminue les écarts de charge entre lesquels fonctionne le même compteur.

Elle fournit des indications utiles en faisant connaître la part d'énergie débitée par chaque transformateur.

Nous venons de parler du faible prix du nouveau compteur.

L'appareil obtenu n'est pas, en effet, beaucoup plus coûteux d'établissement qu'un compteur basse tension ordinaire. Il n'a aucune complication mécanique de plus que ce dernier, l'équipage mobile étant au plus augmenté d'un disque. Les autres organes ajoutés sont exclusivement électriques et ne comportent pas d'aimants permanents. Le nouveau compteur ne possède donc, par rapport aux compteurs basse tension, aucune nouvelle cause d'erreur ou d'accident et, d'autre part, les organes électriques supplémentaires dont il est muni lui assurent des moyens complémentaires de réglages et de compensations.

On pourrait, à première vue, objecter qu'il n'est pas réellement un compteur à haute tension. Mais, si on se place à ce point de vue, les ensembles compteurs employés actuellement et dits « compteurs à haute tension », ne sont pas non plus de vrais compteurs à haute tension : ce sont de simples compteurs à basse tension alimentés par des transformateurs de mesure. Et le nouveau compteur qui nous intéresse correspond exacte-

Digitized by Google

ment à ces ensembles, mais avec le remplacement des transformateurs de mesure spéciaux — tension et intensité — par un appareil unique, beaucoup plus robuste, tout existant et qui n'est autre que le transformateur abaisseur lui-même, servant à la livraison de l'énergie au client. Les organes spéciaux dont est muni le compteur permettent cet emploi du transformateur d'énergie avec toute la précision désirable, et on évite ainsi le double emploi dispendieux et les inconvénients qui résultent de la présence des transformateurs de mesure, appareils très fragiles parce que de puissance trop réduite par rapport à leur tension.

D'ailleurs, ces transformateurs de mesure ont, eux-mêmes, un rapport de transformation qui n'est pas constant et dont la variation n'est pas corrigée dans les compteurs actuels. Si on voulait la compenser, il faudrait au compteur des organes spéciaux, du genre, par exemple, de ceux décrits plus haut. Mais compenser pour compenser, il vaut mieux que cette compensation s'exerce alors sur le transformateur d'énergie lui-même et qu'on abandonne les transformateurs de mesure séparés, devenus inutiles.

Enfin, au point de vue logique et à tout autre point de vue qu'aient à considérer exploitants et clients, on peut dire, d'accord avec l'appellation actuelle, qu'un compteur à haute tension est celui qui mesure l'énergie livrée aux bornes haute tension du transformateur abaisseur.

On va voir, du reste que cette définition peut être étendue à la mesure de l'énergie en des points du réseau haute tension autres que les bornes du transformateur.

Nous ne voulons pas terminer, en effet, sans parler des possibilités que présente l'extension d'emploi du compteur que nous venons de décrire.

Le système F dont il est muni enregistre les pertes dans le cuivre non comprises dans les pertes à vide, c'est-à-dire :

$$[R_2 I_2^2 + R_1 (I_1 - I_0)^2]\, dt. \qquad (1)$$

Mais on peut tout aussi bien, en réglant convenablement sa constante, lui faire enregistrer :

$$[(R_2 + r_2) I_2^2 + R_1 (I_1 - I_0)^2]\, dt \qquad (2)$$

r_2 étant la résistance d'une partie du circuit secondaire extérieur, et l'expression (2) représentant, par conséquent, non seulement les pertes dans le cuivre du transformateur, mais aussi les pertes dans une partie déterminée du circuit secondaire extérieur.

On pourra ainsi placer le compteur en un point quelconque de la ligne secondaire, et lui faire enregistrer néanmoins $P_h\, dt$, c'est-à-dire l'énergie aux bornes haute tension du transformateur; il suffira pour cela de faire entrer dans la constante du système F une quantité correspondant à la résistance du circuit compris entre les bornes basse tension du transformateur et les bornes du compteur (1).

Inversement, on pourra faire enregistrer au compteur l'énergie correspondant à un point de la ligne secondaire situé en aval de ses bornes ; il suffira pour cela de diminuer la constante du système F d'une quantité proportionnée à la résistance de la partie du circuit comprise entre les bornes du compteur et le point considéré.

De la même façon, r_1 étant la résistance d'une partie déterminée du circuit extérieur primaire ou haute tension, on peut faire enregistrer au système F :

$$[(R_2 + r_2) I_2^2 + r_1 I_1^2 + R_1 (I_1 - I_0)^2]\, dt$$

c'est-à-dire que le compteur peut enregistrer l'énergie passant en un point de la ligne haute tension d'alimentation situé en amont des bornes du transformateur, ou bien même, si on donne à r_1 une valeur négative, en un point fictif qui serait situé en aval des bornes haute tension du transformateur.

On peut appliquer cette extension d'emploi du système F non seulement aux compteurs haute tension du nouveau système, mais aussi aux compteurs basse tension ordinaires, ce qui permettra de faire enregistrer à un compteur basse tension, placé en un point A d'une ligne, l'énergie passant en un autre point B, réel ou fictif, de cette ligne, en lui adjoignant simplement un système F convenablement réglé :

On pourra donc, dans tous les cas :

1° Placer le compteur à l'endroit le plus convenable au point de vue accessibilité, ou abri des intempéries, ou sécurité, et cela en restant strictement dans les conditions de tarification imposées ;

2° Admettre, ou établir, des tarifications sur la base de l'énergie traversant les lignes en un point autre que le point d'enregistrement, et même en un point fictif du réseau. Cela peut avoir son application assez fréquemment dans les ventes ou les échanges d'énergie de réseau à réseau, par exemple.

Nous pensons que le nouveau compteur pourra remplacer avantageusement les anciens ensembles, si coûteux ; de plus, il permettra l'extension aux puissances les plus faibles de la tarification à haute tension, et aussi l'application facile du doublement des compteurs, précaution que devraient toujours comporter les dispositifs de comptage destinés à mesurer de grosses fournitures. Enfin, on peut imaginer que, grâce à ses multiples possibilités, il permettra d'établir, chaque fois, les genres de tarifications s'adaptant le mieux aux cas si nombreux et si différents qu'on rencontre dans la pratique.

P.-F. Dufour.

(1) En négligeant l'inductance de la ligne ; mais on peut également tenir compte de la perte de puissance magnétisante qui est égale à ρI^2, ρ étant l'inductance de la fraction de la ligne intéressée.

Digitized by Google

Revues, analyses et informations

Analyse d'oscillogrammes de courts-circuits (1).

Le courant d'armature d'un alternateur présente, lors d'un court-circuit, une forme d'onde qui peut être symétrique ou non, suivant la région de l'onde de tension où le court-circuit prend naissance.

L'ordonnée maximum d'une onde dyssymétrique peut atteindre le double de la valeur de l'ordonnée maximum des ondes symétriques.

Comme les efforts dans les enroulements de la génératrice, dans les transformateurs, dans l'appareillage, et, d'une façon générale, dans toutes les parties du circuit, sont proportionnels à la valeur instantanée du courant, il est intéressant de connaître une méthode permettant de déterminer l'ordonnée maximum de l'onde de courant dyssymétrique, c'est-à-dire en somme les conditions les plus défavorables auxquelles le matériel peut être exposé.

Or, aux essais, il est extrêmement difficile de provoquer le court-circuit au point précis où le courant sera maximum. D'où l'intérêt de la méthode oscillographique et analytique exposée ci-après.

Théorie générale. — Le flux normal dans le circuit magnétique d'un alternateur correspond à la tension normale à circuit ouvert, composée avec la chute de tension dans l'alternateur. Ce flux est dû à la force magnétomotrice résultant du champ engendré par le courant continu d'excitation et de la réaction d'induit.

Dans le cas d'un court-circuit déjà établi, le courant dans l'induit sera proportionnel au courant inducteur, et la force magnétomotrice dans l'induit sera égale à celle du champ, moins les ampères tours nécessaires pour engendrer le flux dans le reste du circuit magnétique. Ce flux correspondra à la chute de tension dans la machine.

La valeur de cette dernière étant pour les alternateurs de 15 à 20 pour 100, le flux dans un alternateur court-circuité sous tension normale tombera de sa valeur normale au sixième ou au quart de cette valeur pendant le temps de l'établissement du court-circuit, c'est-à-dire entre le début du phénomène et l'état de régime.

On peut admettre que la valeur du flux suit une loi exponentielle en fonction du temps, suivant l'équation ci-après :

$$\Phi = \Phi_0 e^{-\frac{r_0}{x_0}(\theta-\theta_1)}$$

dans laquelle

θ est le temps, compté en radians d'après la courbe de tension ;

θ_1 est le temps, à l'instant du court-circuit ;

r_0 est la résistance du circuit inducteur ;

x_0 est la réactance du circuit inducteur ;

Φ est le flux au temps θ ;

Φ_0 est la valeur initiale du flux à l'instant de la naissance du court-circuit.

Soient maintenant :

E l'ordonnée maximum de la courbe de tension ;

e_i la valeur instantanée de la tension après le court-circuit ;

E_1 la valeur maximum de la composante transitoire de la tension pendant la période d'établissement du régime ;

e_1 la valeur instantanée de cette composante pendant le même temps ;

E_2 l'ordonnée maximum de la courbe de tension de réactance de la machine (correspondant au flux circulant dans le circuit magnétique une fois le régime de court-circuit établi) ;

Z_s l'impédance de la machine en ohms ;

z l'impédance vraie de l'induit en ohms ;

I l'ordonnée maximum de la courbe de courant en régime normal ;

i la valeur instantanée du courant de court-circuit ;

$K = \frac{z}{Z_s}$;

r la résistance des circuits de l'induit ;

x la réactance des circuits de l'induit.

On établit entre les valeurs ci-dessus les relations suivantes :

$$E_2 = Iz$$
$$E = E_1 + E_2$$
$$E_2 = \frac{Ez}{Z_s} = kE \qquad E_1 = (1-k)E.$$

D'où

$$e_1 = E_1 \sin\theta\, e^{-\frac{r_0}{x_0}(\theta-\theta_1)} \quad (e = 2{,}718)$$

$$e_i = E_1 \sin\theta\, e^{-\frac{r_0}{x_0}(\theta-\theta_1)} + E_2 \sin\theta$$
$$= (1-k)E \sin\theta\, e^{-\frac{r_0}{x_0}(\theta-\theta_1)} + kE_2 \sin\theta.$$

Le circuit ne renfermant qu'une résistance et une self-induction, on peut appliquer l'équation

$$e_i = ir + x\frac{d\theta}{di},$$

par suite :

$$ir + x\frac{di}{d\theta} = (1-k)E \sin\theta\, e^{-\frac{r_0}{x_0}(\theta-\theta_1)} + kE \sin\theta.$$

Après intégration et réductions, on trouve, pour le courant de court-circuit, la formule suivante :

$$i = \frac{E}{x}\frac{X}{Z}(1-k)e^{-a_1(\theta-\theta_1)}\sin(\theta-\beta) - e^{-a_2(\theta-\theta_1)}\left[(1-k)\frac{X}{Z}\sin(\theta_1-\beta) + k\frac{x}{z}\sin(\theta_1-\beta_1)\right] + k\frac{x}{z}\sin(\theta-\beta_1)\Big\} \qquad (1)$$

dans laquelle

$$z = \sqrt{r^2 + x^2}$$
$$\frac{R}{X} = \frac{r}{x} - \frac{r_0}{x_0}$$
$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

(1) O.-E. Shirley. *G. E. R.*, février 1917, t. xx, p. 121-126, 3 fig.

Digitized by Google

$$\beta = \text{arc tang } \frac{X}{R},$$

$$\beta_1 = \text{arc tang } \frac{x}{r},$$

$a_a = \frac{r}{x}$ (facteur d'amortissement de l'armature),

$a_f = \frac{r_0}{x}$ (facteur d'amortissement du champ).

Cette équation, établie par le Dr E.-J. Berg, est trop compliquée pour les applications pratiques. Elle peut être bien simplifiée si la résistance est faible par rapport à la réactance, ce qui se produit généralement.

Dans ce cas

$$\beta = \beta_1 = \frac{\pi}{2},$$

$$\frac{X}{Z} = 1,$$

$$\frac{x}{z} = 1,$$

et

$$i = \frac{E}{x}\Big\{(1-k)e^{-a_f(\theta-\theta_1)}(-\cos\theta) - e^{-a_a(\theta-\theta_1)}(1-k)(-\cos\theta_1) + k(-\cos\theta_1) + k\cos\theta\Big\} = \frac{E}{x}\Big[-(1-k)\cos\theta\, e^{-a_f(\theta-\theta_1)} + \cos\theta_1 e^{-a_a(\theta-\theta_1)} - k\cos\theta\Big]. \quad (2)$$

Analyse des courts-circuits. — En opérant suivant les explications ci-après, on peut déduire des oscillogrammes les principales constantes de la machine.

On relie par une courbe continue tous les sommets de la courbe de courant (fig. 1). En général, pendant les premières périodes, les ordonnées ne sont pas symétriques par

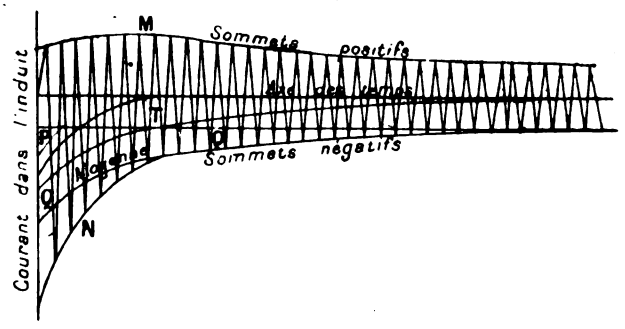


Fig. 1. — Courbes générales montrant l'analyse d'un oscillogramme de court-circuit.

rapport à l'axe des temps, mais il peut arriver cependant que l'on ait des ondes parfaitement symétriques. On trace ensuite la courbe du courant moyen, déduite des courbes M et N tracées par les sommets. Les différences entre les ordonnées de la courbe du courant moyen et chacune des courbes M et N donnera ensuite la courbe P du courant pendant la période d'établissement.

On mène ensuite une droite Q, parallèle à l'axe des temps, à une distance de ce dernier égale à l'ordonnée maximum de la courbe du courant de court-circuit. Les différences entre l'ordonnée de cette droite et celles de la courbe des moyennes fournira la courbe T représentant le champ pendant la période d'établissement.

Le courant transitoire de l'armature a une valeur toujours de même signe, mais qui va en décroissant, tandis que la valeur transitoire du champ, pendant la période d'établissement, est le produit d'une valeur également de signe constant mais décroissante, par une fonction sinusoïdale.

Revenant à l'équation (2), on peut remarquer que $\cos\theta = 1$, puisqu'on ne considère que les sommets des ondes. Par suite, cette équation peut être simplifiée comme suit :

$$i_p = \frac{E}{x}\left[-(1-k)e^{-a_f(\theta-\theta_1)} + k\cos\theta_1 e^{-a_a(\theta-\theta_1)} - k\right] \quad (3)$$

où i_p est la valeur des ordonnées de la courbe du courant aux sommets.

Cette méthode ne peut être appliquée qu'aux courts-circuits entre bornes, auxquels cas la résistance ohmique est négligeable comparativement à la réactance, et

$$z = x \qquad Z = X.$$

L'équation (3) peut alors être scindée en trois parties donnant les valeurs transitoires du courant d'armature et du champ et la valeur permanente du courant de court-circuit.

$\frac{E}{x}(1-k)e^{-a_f\theta-\theta_1}$ = valeur transitoire du champ.

$\frac{E}{x}k\cos\theta_1 e^{-a_a(\theta-\theta_1)}$ = valeur transitoire du courant d'armature.

$\frac{E}{x}k = \frac{E}{Z}k = \frac{E}{Z_s}$ = courant de court-circuit permanent.

Si $(\theta - \theta_1) = 0$, les termes exponentiels sont égaux à l'unité; par suite, en projetant sur l'axe du courant les valeurs transitoires du courant d'armature et du champ, on peut déterminer les valeurs des expressions $\frac{E}{x}(1-k)$ et $\frac{E}{x}k\cos\theta_1$. On peut également déduire de la première expression la réactance, et de la valeur du $\cos\theta_1$.

On peut ensuite tracer les courbes des logarithmes des valeurs transitoires du courant d'armature et du champ. Ces fonctions étant exponentielles, les courbes de leurs logarithmes sont des droites. On obtient en même temps les valeurs de a_a et de a_f.

Soit en effet

$$A_1 = -\frac{kE}{x}\cos\theta_1 e^{-a_a\theta_2}$$

$$A_2 = -\frac{kE}{x}\cos\theta_1 e^{-a_a\theta_3}$$

$$e^{-a_a\theta_2} = A_1\left(-\frac{x}{kE\cos\theta_1}\right)$$

$$e^{-a_a\theta_3} = A_2\left(-\frac{x}{kE\cos\theta_1}\right)$$

$$-a_a\theta_2 = \log A_1 + \log\left(-\frac{x}{kE\cos\theta_1}\right)$$

$$-a_a\theta_3 = \log A_2 + \log\left(-\frac{x}{kE\cos\theta_1}\right)$$

$$-a_a\theta_2 + a_a\theta_3 = \log A_1 - \log A_2.$$

Digitized by Google

d'où

$$a_a = \frac{\log A_1 - \log A_2}{\theta_3 - \theta_2}.$$

De la même manière, on déduit a_f de la courbe des valeurs transitoires du champ.

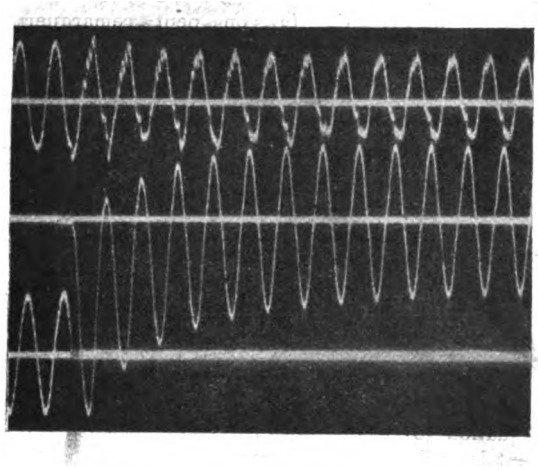


Fig. 2. — Oscillogramme d'un court-circuit monophasé.

Courbe supérieure : tension entre bornes et neutre. — *Courbe du milieu* : courant de court-circuit. — *Courbe inférieure* : tension entre les bornes en court-circuit.

Exemple. — La figure 2 reproduit l'oscillogramme d'un court-circuit provoqué sur un alternateur monophasé de 700 kv-a, 60 p : sec, 4 000 v.

Cet oscillogramme a permis d'établir le tableau I ci-après qui n'est que la traduction en chiffres des courbes de la figure 3.

Courant monophasé. Résistance extérieure nulle. Tension efficace normale : 3 996 v. Courant d'armature 1 mm = 38 a. Intensité d'excitation 44 a.

Courant de court-circuit en régime. Valeur efficace, 223 a.

Courant de court-circuit en régime. Valeur maximum, 320 a.

Tableau I.

PÉRIODES	SOMMETS POSITIFS DE LA COURBE DU COURANT DE C.C.		SOMMETS NÉGATIFS DE LA COURBE DU COURANT DE C.C.	
	mm	amp.	mm	amp.
1	4,0	150	44,0	1 670
2	9,0	340	34,0	1 290
3	12,0	460	28,0	1 060
4	14,0	530	24,0	910
5	15,0	570	22,0	840
6	16,0	610	20,0	760
7	16,2	620	19,0	720
8	16,5	630	18,0	680
9	16,5	630	17,5	660
10	16,5	630	17,0	650

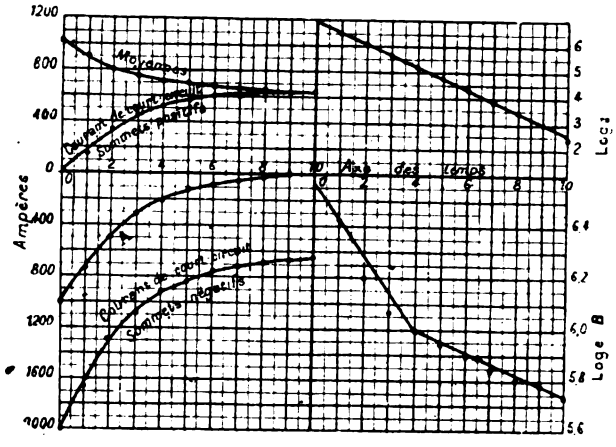


Fig. 3. — Courbes dérivées de l'analyse de l'oscillogramme représenté fig. 2.

D'autre part, le tableau II donne les constantes de l'alternateur aux différentes époques du court-circuit, constantes déduites des relevés par la méthode générale exposée ci-dessus.

Tableau II.

PÉRIODES	AMPÈRES		INTENSITÉ		A	$\log_e$ A	COURANT DE C.C.	B	$\log_e$ B
	courbe supérieure	courbe inférieure	totale	moyenne					
0	40	2 000	2 040	1 020	980	6,90	320	700	6,56
1	180	1 670	1 850	925	755	6,63	320	605	6,43
2	320	1 290	1 610	805	485	6,18	320	485	6,20
3	440	1 060	1 500	750	310	5,73	320	430	6,07
4	520	920	1 440	720	200	5,29	320	400	6,00
5	570	820	1 390	695	125	4,83	320	375	5,93
6	600	760	1 360	680	80	4,38	320	360	5,88
7	615	710	1 325	665	45	3,81	320	345	5,84
8	620	680	1 300	650	30	3,40	320	330	5,80
9	620	660	1 280	640	20	2,99	320	320	5,78
10	620	640	1 260	630	10	2,30	320	310	5,74

A, courant transitoire d'armature. — B, valeurs transitoires du champ.

Digitized by Google

De ce tableau, on déduit les constantes cherchées par les calculs suivants :

$$E = 3\,996\sqrt{2} = 5\,650$$

$$\frac{E}{x} = 1\,020 \qquad x = 5{,}53$$

$$\cos\theta_1 = \frac{980}{1\,020} = 0{,}96 \qquad \theta_1 = 16°$$

$$a_a = \frac{6.9 - 5{,}3}{4 \times 2\pi} = 0{,}064$$

$$a_f = \frac{6{,}56 - 5{,}99}{4 \times 2\pi} = 0{,}0224 \text{ (pendant les 4 premières périodes)}$$

$$a_f = \frac{5{,}99 - 5{,}82}{4 \times 2\pi} = 0{,}0068 \text{ (après les 4 premières périodes)}$$

$$k = \frac{320}{1\,020} = 0{,}314 \qquad (1 - k) = 0{,}686$$

$$i = 1\,010\,(-0{,}686e^{-0{,}0224(\theta-\theta_1)}\cos\theta + e^{-0{,}064(\theta-\theta)}\cos\theta_1 - 0{,}314\cos\theta) \text{ (pendant les 4 premières périodes)}$$

$$i = 1\,020\,(-0{,}686e^{-0{,}0068(\theta-\theta_1)}\cos\theta + e^{-0{,}064(\theta-\theta_1)}\cos\theta_1 - 0{,}314\cos\theta) \text{ (après les 4 premières périodes).}$$

Discussion des résultats. — Les chiffres obtenus pour la réactance de l'armature accusent en général une variation de 6 à 8 pour 100 pour une tension donnée, la plus faible valeur correspondant aux courbes de courant les plus dyssymétriques.

Cette réactance a une tendance à décroître pour des tensions plus élevées ; une variation de 15 à 25 pour 100 en passant de la demi-tension à la tension normale n'est pas exceptionnelle. Cet effet est dû probablement à la saturation des fers aux environs immédiats des bobinages.

Les valeurs du facteur d'amortissement de l'armature a_a sont en général constantes ; la courbe du logarithme du courant transitoire d'armature est par suite une droite.

La courbe du logarithme du champ transitoire est une droite, non rigoureusement, il est vrai, mais avec une erreur généralement négligeable.

Les valeurs du facteur d'amortissement sont généralement très variables ; mais heureusement, l'influence de ce facteur est extrêmement faible pendant les premières périodes. La variation signalée est due probablement à des courants de Foucault dans les tôles et aux variations de la réluctance du circuit magnétique.

On peut obtenir des valeurs plus approchées de ce facteur en faisant porter les calculs sur une trentaine de périodes.

Signalons, en terminant, que les variations du facteur d'amortissement pendant les premières périodes étant très faibles, on peut calculer avec une bonne approximation le courant de court-circuit si l'on connaît la réactance de l'induit, par la formule suivante :

$$i = \frac{2E}{x},$$

i valeur maximum instantanée de courant ;

E valeur maximum de la tension, soit $\sqrt{2}$ fois la tension effective ;

x réactance de l'armature en ohms.

J. G.

Théorème de la conservation de la puissance réactive.

Plusieurs de nos lecteurs nous ayant manifesté le désir d'avoir une démonstration du théorème de la conservation de la puissance réactive dans un réseau, nous publions ci-dessous avec l'énoncé du théorème la démonstration qui nous a paru la plus claire. Cette démonstration est donnée dans le cours professé à l'Ecole supérieure d'Electricité par M. Boucherot et a été indiquée par M. Langevin.

Théorème. — *Dans un réseau à courant alternatif, la somme des puissances réactives est nulle comme la somme des puissances réelles.*

Soit un réseau comportant un certain nombre d'appareils (alternateurs, lignes, transformateurs, moteurs, etc.) aux bornes desquels les différences de potentiel efficaces sont

$$U_1, U_2, U_3 \ldots, U_n,$$

décalées d'angles $\psi_1, \psi_2, \psi_3, \ldots \psi_n$ par rapport à une origine quelconque. Soient :

$$I_1, I_2, I_3, \ldots, I_n$$

les courants qui traversent ces divers appareils ;
et

$$\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \ldots, \varphi_n$$

les angles que font ces courants avec les différences de potentiel correspondantes. La puissance réelle absorbée par un de ces appareils est :

$$P_n = U_n I_n \cos\varphi_n,$$

et la puissance réactive absorbée par le même appareil est

$$\Pi_n = U_n I_n \sin\varphi_n.$$

Nous allons démontrer que :

$$\Sigma\, U_n I_n \sin\varphi_n = 0,$$

comme :

$$\Sigma\, U_n I_n \cos\varphi_n = 0.$$

En un sommet A quelconque du réseau et d'où partent

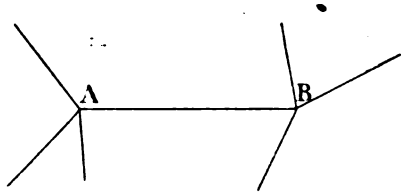


Fig. 1.

un nombre quelconque de dérivations, on a, pour la valeur instantanée du potentiel, l'expression :

$$v_A = \sqrt{2}\, V_A \sin(\omega t - \psi_A)$$

et en un sommet B on a de même :

$$v_B = \sqrt{2}\, V_B \sin(\omega t - \psi_B)$$

La différence de potentiel entre A et B est :

$$u_n = \sqrt{2}\, V_A \sin(\omega t - \psi_A) - \sqrt{2}\, V_B \sin(\omega t - \psi_B) = \sqrt{2}\, U_n \sin(\omega t - \varphi_n)$$

et l'intensité dans le conducteur A B s'exprimera par :

$$i_n = \sqrt{2}\, I_n \sin(\omega t - \psi_n - \varphi_n).$$

Digitized by Google

Or, en appliquant au point A le premier lemme de Kirchhoff, ce qu'on a le droit de faire puisqu'il s'agit de valeurs instantanées :

$$\Sigma \varepsilon i_n = 0 \quad (1),$$

$\varepsilon = \pm 1$ suivant le sens positif choisi.

On aura autant d'équations semblables à l'équation (1) qu'on aura de sommets. Multiplions chacune de ces équations par un paramètre quelconque correspondant au sommet

$$v'_A \text{ pour A, } v'_B \text{ pour B, } \ldots$$

et ajoutons membre à membre toutes les équations ainsi obtenues. On peut écrire :

$$\Sigma (v'_A - v'_B) i_n = 0 \quad (2).$$

i étant l'intensité, comptée positivement de A vers B, du courant qui circule à l'instant t dans le bras AB et la somme étant étendue aux divers bras du réseau.

Les v' peuvent être des fonctions quelconques du temps et la relation (2) est exacte à tout instant ; on peut donc choisir, pour les fonctions v', les fonctions conjuguées des potentiels v et écrire :

$$v'_A = \sqrt{2}\, V_A \sin(\omega t + \psi_A),$$
$$v'_B = \sqrt{2}\, V_B \sin(\omega t + \psi_B),$$

d'où :

$$v'_A - v'_B = \sqrt{2}\, V_A \sin(\omega t + \psi_A) - \sqrt{2}\, V_B \sin(\omega t + \psi_B) = \sqrt{2}\, U_n \sin(\omega t + \psi_n);$$

et, d'après l'équation (2) :

$$\Sigma\, 2\, U_n \sin(\omega t + \psi_n)\, I_n \sin(\omega t - \psi_n - \varphi_n) = 0.$$

On peut écrire l'équation précédente sous la forme :

$$\Sigma [U_n I_n \cos(2\psi_n + \varphi_n) - U_n I_n \cos(2\omega t - \varphi_n)] = 0.$$

Cette expression devant s'annuler, quel que soit t, on doit avoir :

$$\Sigma U_n I_n \cos(2\psi_n + \varphi_n) = 0,$$
$$\Sigma U_n I_n \cos\varphi_n = 0,$$
$$\Sigma U_n I_n \sin\varphi_n = 0.$$

C. Q. F. D.

Note sur les coups de bélier dans une conduite formée de trois sections de diamètres différents pour lesquelles la durée de propagation est la même (1).

Le comte de Sparre a donné dans la « R. G. E. » du 31 mars 1917, p. 483, une étude très documentée sur les conditions à remplir au point de vue des coups de bélier par les régulateurs des moteurs hydrauliques. Nous analysons ci-dessous une note qu'il a présentée à la séance du 22 avril 1917 de l'Académie des Sciences.

Soient, l, d, a, la longueur, le diamètre et la vitesse de propagation pour la section voisine du distributeur.

(1) Comte de Sparre, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, séance du 10 avril 1917, t. CLXIV, p. 683.

l', d', a' et l'', d'', a'' les mêmes quantités pour les deux autres sections.

$\lambda(t)$ le rapport de la surface ouverte du distributeur à l'instant t à celle correspondant à l'ouverture complète :

v_1 la vitesse de régime dans la première section pour le distributeur complètement ouvert.

y_0 la pression statique au distributeur d'eau.

et posant de plus :

$$\theta = \frac{2l}{a}, \quad \theta' = \frac{2l'}{a'}, \quad \theta'' = \frac{2l''}{a''},$$
$$\alpha = \frac{a'd^2}{ad'^2}, \quad \beta = \frac{a''d'^2}{a'd''^2}, \quad \rho = \frac{av_1}{2gy_0},$$

et supposant $\theta = \theta' = \theta''$

On trouve pour le coup de bélier dans la première période où $(t \leq \theta)$

$$\xi(t) = 2\rho y_0 \frac{\lambda_0 - \lambda(t)}{1 + \rho\lambda(t)};$$

pour la deuxième période $(\theta < t \leq 2\theta)$ et posant : $\mu = \frac{1-\alpha}{1+\alpha}$ on trouve :

$$\xi(t) = 2\rho y_0 \frac{\lambda_0 - \lambda(t) - \mu[\lambda_0 - \lambda(t-\theta)]}{1 + \rho\lambda(t)} - \xi(t-\theta)\mu\frac{1-\rho\lambda(t-\theta)}{1+\rho\lambda(t)},$$

et pour la troisième période $(2\theta < t \leq 3\theta)$ et posant $\nu = \frac{1-\beta}{1+\beta}$.

$$\xi(t) = \frac{2\rho y_0}{1+\rho\lambda(t)}\left[\frac{4\lambda_0\alpha\beta}{(1+\alpha)(1+\beta)} - \lambda(t) + \frac{2\mu\beta}{1+\beta}\lambda(t-\theta) + \nu\lambda(t-2\theta)\right]$$
$$- \frac{2\mu\xi(t-\theta)}{1+\rho\lambda(t)}\left[\frac{1}{1+\beta} - \frac{\rho\beta}{1+\beta}\lambda(t-\theta)\right] - \nu\frac{\xi(t-2\theta)}{1+\rho\lambda(t)}[1-\rho\lambda(t-2\theta)].$$

Enfin pour toutes les périodes suivantes où $t > 3\theta$ on a :

$$\xi(t) = 2\rho y_0 \left\{\lambda(t-3\theta) - \lambda(t) - \left[1 - \frac{4\alpha}{(1+\alpha)(1+\beta)}\right][\lambda(t-2\theta) - \lambda(t-\theta)]\right\}$$
$$- \frac{1-\rho\lambda(t-3\theta)}{1+\rho\lambda(t)}\xi(t-3\theta) - \left[\frac{4}{(1+\alpha)(1+\beta)} - 1\right]\frac{\xi(t-\theta)+\xi(t-2\theta)}{1+\rho\lambda(t)}$$
$$- \rho\left[1 - \frac{4\beta}{(1+\alpha)(1+\beta)}\right]\frac{\xi(t-\theta)\lambda(t-\theta) - \xi(t-2\theta)\lambda(t-2\theta)}{1+\rho\lambda(t)},$$

quelle que soit la loi de fermeture.

Si la fermeture est complète au temps t_1, $\lambda(t_1) = 0$, et en posant :

$$m = \frac{4}{(1+\alpha)(1+\beta)} - 1$$

pour $t \geq t_1 + 3\theta$

$$\xi(t) + m[\xi(t-\theta) + \xi(t-2\theta)] + \xi(t-3\theta) = 0.$$

En désignant par ξ'_n le coup de bélier à la fin de la $n^{ième}$ période, l'équation devient :

$$(1) \qquad \xi'_n + m(\xi'_{n-1} + \xi'_{n-2}) + \xi'_{n-3} = 0.$$

nous poserons :

$$(2) \qquad u_n = \xi'_n + p\xi'_{n-1} + q\xi'_{n-2},$$

$$(3) \qquad u_n + k u_{n-1} = 0.$$

Digitized by Google

En exprimant que les valeurs de ξ'_n déduites de (2) et (3) sont identiques à celles déduites de (1)

$$q = \frac{1}{k}, \quad p = m - k,$$

$$1 - mk + mk^2 - k^3 = (1 - k)\left[1 - (m - 1)\,k + k^2\right] = 0.$$

Ou comme on a supposé :

$$0 < \alpha < 1, \quad 0 < \beta < 1$$

on a :

$$0 < m < 3.$$

On pourra poser :

$$\cos\lambda = \frac{m - 1}{2},$$

et on aura les trois solutions :

$$k = 1, \qquad q = 1, \qquad p = 2\cos\lambda;$$

et

$$k = \cos\lambda \pm i\sin\lambda, \qquad q = \cos\lambda \mp i\sin\lambda,$$

$$v = 2\cos\frac{\lambda}{2}\left(\cos\frac{\lambda}{2} \mp i\sin\frac{\lambda}{2}\right).$$

Si $h\theta$ est le multiple de θ égal ou immédiatement supérieur à $t_1 + 3\theta$ tel que $\lambda(h\theta - 3\theta) = 0$, on aura d'après (3)

$$u_{n+b} = (-1)^n k^n u_b.$$

Si on donne à k, p, q, les trois systèmes de valeurs ci-dessus, on obtiendra un système de 3 équations en $\xi_{n+b}, \xi'_{n+b-1}, \xi'_{n+b-2}$ qui donnent ces quantités en fonction de ξ'_b, ξ'_{b-1}, ξ'_{b-2}.

On obtient ainsi :

$$\xi'_{n+b-1} = (-1)^{n-1}\left[-\xi'_{b-1} + (\xi'_b + \xi'_{b-1})\frac{\sin\frac{n+1}{2}\lambda\sin\frac{n}{2}\lambda}{\sin\lambda\sin\frac{\lambda}{2}} + (\xi'_{b-1} + \xi'_{b-2})\frac{\sin\frac{n\lambda}{2}\sin\frac{n-1}{2}\lambda}{\sin\lambda\sin\frac{\lambda}{2}}\right].$$

Si la fermeture est brusque :

$$h = 3, \quad \xi'_1 = \frac{av_0}{g}, \quad \xi'_2 = \frac{av_0}{g}\frac{3\alpha - 1}{1 + \alpha}, \quad \xi_3 = \frac{av_0}{g}\left(1 - \frac{4m\alpha}{1 + \alpha}\right),$$

et la formule devient :

$$\xi'_{n-2} = (-1)^{n-1}\frac{av_0}{g}\left[1 - \frac{4\alpha}{1 + \alpha}\frac{\sin\frac{n+2}{2}\lambda\sin\frac{n+1}{2}\lambda}{\sin\lambda\sin\frac{\lambda}{2}}\right].$$

H. C.

Sur l'emploi de la fluorescence et de la phosphorescence à la production d'effets lumineux (1).

Une discussion sur l'emploi de la fluorescence et de la phosphorescence à la production d'effets lumineux a été ouverte à la réunion du 22 février de l'Illuminating Engineering Society.

M. Harrison Glew rappelle quelques exemples bien connus de phosphorescence. La lueur émise par le phosphore dans l'obscurité est due à une oxydation lente, et l'on pense que la lumière du ver luisant et de divers animalcules marins a une origine chimique. Les effets lumineux peuvent être également produits par l'oxydation de l'acide pyrogallique et de diverses matières organiques. Le terme *luminescence* s'emploie généralement pour désigner la production de la lumière par des agents autres que la chaleur. Les exemples ci-dessus appartiennent à la *chimie-luminescence*. Le terme de *tribo-luminescence* désigne les effets lumineux obtenus en frottant l'un contre l'autre certains cristaux (quartz, sucre, spath-fluor, etc.). Quand les effets lumineux persistent après que la cause excitatrice a cessé d'agir, on dit qu'il y a *phosphorescence*. La luminescence qui cesse avec cette cause est souvent appelée *fluorescence*. La fluorescence peut être déterminée par l'action des rayons visibles et des rayons ultra-violets ou par le rayonnement d'un tube Röntgen. D'après la loi de Stokes, de tels effets supposent une dégradation de l'énergie excitatrice dont on peut trouver un bon exemple dans la fluorescence des réflecteurs de rhodamine utilisés avec les lampes à vapeur de mercure, la lumière rouge produite étant une transformation des rayons violets et ultra-violets de la vapeur de mercure.

La découverte de substances qui, après exposition à la lumière du jour, continuent à luire dans l'obscurité, remonte à un grand nombre d'années. Les cristaux de sulfure de calcium ont une phosphorescence bleue, ceux de sulfure de zinc une phosphorescence verte. Immédiatement après l'exposition à un agent puissant, la lueur peut être très intense mais elle s'éteint très rapidement. Comme exemple de la forte luminosité temporaire produite, M. Glew présente un petit cylindre recouvert de sulfure de zinc tournant à raison de 10000 t : min, et éclairé sur le côté opposé aux auditeurs par la lumière provenant d'un arc entre électrodes de tungstène (très riche en lumière ultra-violette). Le côté du cylindre tourné vers les auditeurs apparaît d'un vert éclatant, visible même en laissant allumées les lampes de la salle.

Le caractère transitoire de tels effets a limité jusqu'ici les applications pratiques des substances phosphorescentes. Un développement important a été pris par la fabrication d'enduits lumineux par eux-mêmes constitués par du sulfure de zinc additionné d'une proportion très faible de composés radio-actifs. La fluorescence est excitée par les rayons du radium. Comme le radium se détruit avec une vitesse qui diminue de moitié l'intensité des rayons au bout d'une période de 1000 années, l'éclat resterait pratiquement constant sans la détérioration du sulfure de zinc et l'obscurcissement progressif du verre ou du vernis protecteur qui recouvre l'enduit. La luminosité est en gros proportionnelle à la quantité de substance radio-active utilisée, mais l'éclat qu'on peut obtenir est limité par la considération du prix de revient et par le fait qu'un bombardement intense entraîne une détérioration rapide du sulfure de zinc. Une

(1) *Electrician*, 6 avril 1917, t. LXXVIII, p. 20-21.

Digitized by Google

diminution d'éclat de 50 pour 100 dans le cours d'une année n'est pas rare, mais dans un échantillon contenant 75 mg de bromure de radium par gramme de sulfure de zinc, l'éclat diminue de moitié en 24 heures. Il est donc très important de déterminer l'ordre de grandeur de l'éclat nécessaire aux différents besoins et de ne pas le dépasser.

Quant au noircissement que subissent, sous l'influence du radium, le verre, la porcelaine et les substances analogues, il semble consister en un phénomène purement superficiel. Dans quelques cas il est possible, en chauffant la substance, de la rendre phosphorescente, ce qui met en liberté l'énergie emmagasinée par le radium et permet à la coloration de disparaître.

M. J.-S. Dow, qui prend ensuite la parole, étudie l'influence qu'exercent sur l'application de ces substances faiblement lumineuses les propriétés de l'œil pour de faibles éclairements. Dans quelques cas, la substance phosphorescente ne peut être vue que par un œil adapté à l'obscurité. Par suite de l'aberration chromatique de l'œil, un disque de sulfure de calcium donnant de la lumière violette et de la lumière bleue paraît s'étendre, et ses bords deviennent flous à une distance de quelques pieds; il en est de même, à un degré moindre, pour le sulfure de zinc. Alors donc que la lueur émise par ces substances est utile pour la vision de près — par exemple le sulfure de zinc qui produit une phosphorescence verte convient comme enduit sur les cadrans de montre, etc. — elle est moins satisfaisante pour des conditions éloignées d'observation où il serait bon d'avoir une phosphorescence jaune ou orangée moyennement intense.

La phosphorescence des boutons lumineux (boutons d'interrupteurs) recouverts de sulfure de calcium et provoquée par la lumière du jour disparaît facilement. On a constaté qu'une heure après exposition à une lampe de 50 w, un bouton d'interrupteur de 2 cm de diamètre peut à peine se distinguer dans la chambre par une vision oblique. L'éclairement habituel dans les angles d'une pièce est rarement suffisant pour provoquer un éclat utile du sulfure de zinc ou de calcium et, actuellement, l'emploi de ces substances pour recouvrir les commutateurs intérieurs est très limité. On a suggéré à ce propos que le prix des enduits lumineux par eux-mêmes n'était pas prohibitif, mais il y a, à l'heure actuelle, des applications plus urgentes de ces enduits.

Les enduits lumineux ordinaires (non lumineux par eux-mêmes) peuvent être d'un emploi utile quand il s'agit de recouvrir de grandes surfaces dans des endroits très sombres où il n'y a pas de lumière artificielle

M. Blok expose quelques-unes des difficultés physiologiques qui se présentent dans la photométrie des enduits lumineux. Des mesures relatives peuvent être faites à condition de prendre beaucoup de soin, surtout si l'on opère sur des échantillons de petites dimensions; on ne peut obtenir de données absolues que d'une manière très approximative, à cause de la coloration particulière et de la luminosité très faible. M. Blok décrit plusieurs méthodes photométriques pour la comparaison du sulfure de zinc lumi-nescent avec la lumière d'une lampe tamisée par un verre vert. Dans une des méthodes, la substance lumineuse est considérée comme un îlot lumineux avec la surface éclairée par la lumière verte, la lampe comme fond noir. Dans une autre, l'échantillon est examiné à travers une faible ouverture dans un écran blanc incliné à 45° sur la direction d'où provient la lumière de la lampe. Ces méthodes peuvent être intéressantes pour procéder aux essais de durée de vie des enduits et étudier l'influence de faibles changements dans la composition des enduits lumineux par eux-mêmes (1).

A. B.

Les propriétés électriques des gaz (2).

L'étude de la décharge électrique dans les gaz a conduit à des vues nouvelles sur la nature de l'électricité. Nous savons que l'électricité est de structure atomique et que toute charge d'électricité consiste en un nombre immense de petites charges unitaires, et nous faisons une différence très nette entre l'électricité positive et l'électricité négative, les atomes d'électricité négative ayant une masse beaucoup plus faible que celle des atomes positifs dans le rapport de 1 à 1 700 environ. L'étude de la décharge dans les gaz nous permet d'élucider un assez grand nombre de questions intéressant la chimie; on a trouvé, en effet, que deux atomes peuvent présenter les mêmes qualités chimiques et cependant ne pas être identiques, l'un pouvant être plus *massif* que l'autre; il peut en résulter la création de deux poids atomiques différents. Une autre question importante soulevée par Prout est de savoir si tous les poids atomiques sont des multiples de celui de l'hydrogène; dans le cours de ses leçons J.-J. Thomson n'est pas éloigné de donner raison à Prout; il lui semble, en tout cas, avantageux d'étudier les propriétés électriques des gaz et juge que cette étude permettra de jeter quelque clarté sur la question des poids atomiques. Lorsqu'un gaz est dans ses conditions normales, sa conductibilité est en général extrêmement faible, un dispositif d'essai relativement simple montre qu'il en est bien ainsi pour l'air, il en est de même pour les vapeurs, même pour la vapeur de mercure. Si cependant le gaz a reçu un traitement convenable, il devient capable de conduire l'électricité; il y a plusieurs moyens d'obtenir ce résultat, par exemple en le soumettant à l'action d'un corps radio-actif, les rayons de Röntgen étant entièrement actifs à ce point de vue. De même, les rayons lumineux de la zone ultra-violette sont actifs et même les rayons lumineux rouges donnent des résultats positifs, à la condition d'être concentrés par des lentilles. L'article donne quelques détails sur les appareils ayant servi aux essais.

(1) Des mesures de luminescence ont été faites par N-E. Dorsey à l'aide d'un photomètre qui a été décrit dans la *R. G. E.* du 31 mars 1917, Documentation, p. 100.

(2) *Engineering*, 11 mai 1917, t. CIII, p. 455 et 456, 2 200 mots, 2 fig.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

Les derniers pas de géant de l'électricité en Amérique

Dans cet article l'auteur passe rapidement en revue les progrès saillants des diverses branches de l'industrie électrique des Etats-Unis au cours de ces dernières années. Il montre ainsi que nos constructeurs, nos ingénieurs et le public ont intérêt à étudier et appliquer les méthodes d'organisation américaines et conclut que, dans ce sens, des efforts, immédiats et bien coordonnés, peuvent modifier rapidement l'avenir de l'industrie électrique française.

Au moment où les Etats-Unis viennent mettre au service du Droit la puissance formidable de leur organisation industrielle, il nous a paru intéressant de résumer rapidement les derniers progrès de leur industrie électrique pour ceux qui, absorbés par l'œuvre urgente de notre Défense nationale, n'ont pas eu le temps de se tenir au courant des plus récents travaux d'outre-Atlantique.

Production du courant électrique. — Les Américains espèrent comme nous les jours prochains où nous extrairons l'énergie à bon marché des marées de l'Atlantique, des rayons solaires ou de nos vieux volcans. En attendant, ils exploitent en grand les procédés connus et tirent de leurs fleuves, de leurs houillères et de leur grosse métallurgie, les éléments nécessaires à l'alimentation des 150 millions de chevaux installés dans

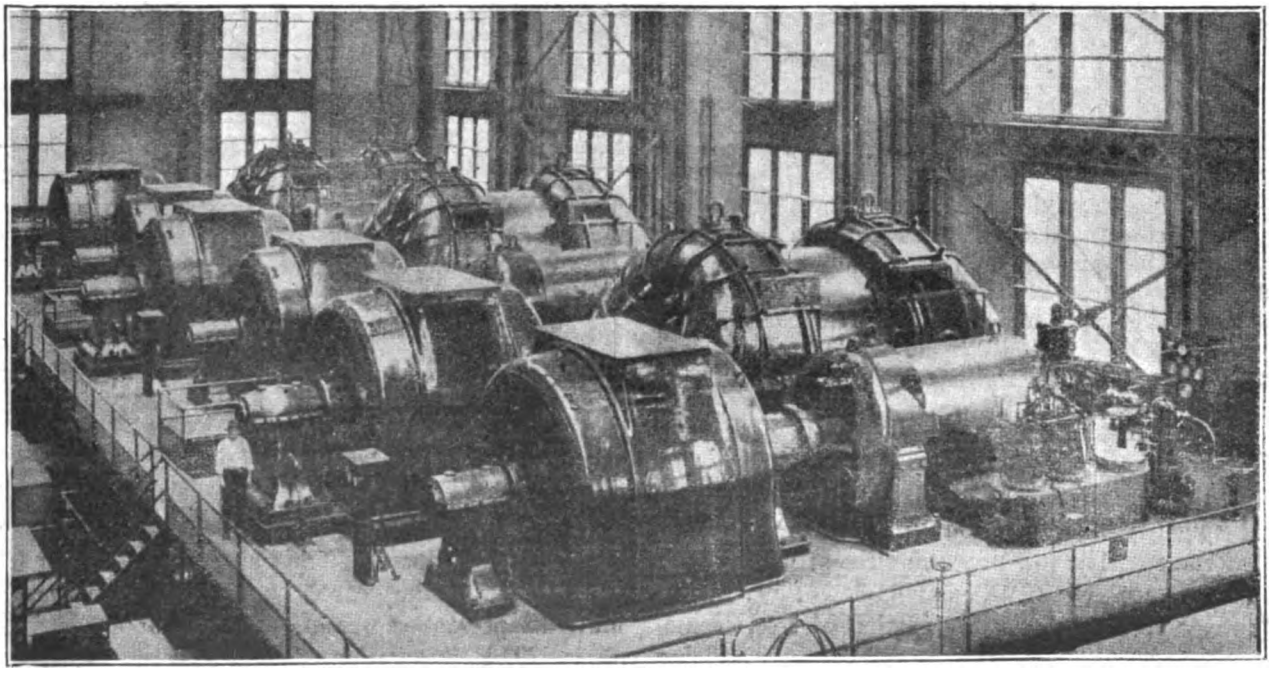


Fig. 1. — Turbo-alternateurs de 30 000 kw installés à la station de New-York, 74e Rue. Chaque groupe comprend deux ensembles indépendants, l'un à haute pression, l'autre à basse pression. La vapeur passe du 1er au 2e avant d'aller au condenseur (1).

leurs stations centrales, produisant annuellement près de 20 milliards de kilowatts-heure.

La majeure partie de cette production (80 pour 100) provient des usines à vapeur où les turbo-alternateurs ont complètement remplacé les groupes à machines alternatives. Ces turbo-alternateurs, employant la vapeur surchauffée à des pressions toujours croissantes jusqu'à 20 et 22 kg : cm² et possédant des conden-

(1) Les illustrations de cet article sont extraites de la « General Electric Review », de l' « Electric Journal », de l' « Electrical World », de l' « A B C of Iron and Steel » et des catalogues de divers constructeurs américains.

Digitized by Google

seurs très perfectionnés permettant d'obtenir un vide presque parfait, deviennent de plus en plus impressionnants comme dimensions. Leur puissance unitaire avait atteint 35000 kv-A en 1915; en 1916, elle dépasse

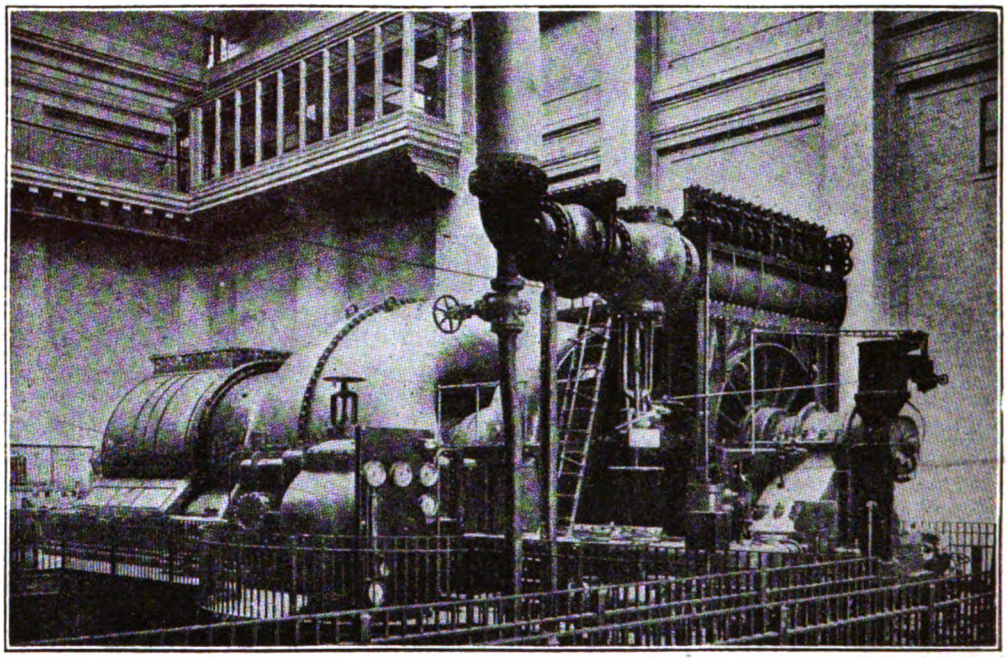


Fig. 2. — Vue d'ensemble d'un turbo-alternateur de 35000 kv-A.

50 000 kv-A et rien ne s'oppose à la réalisation, dans un avenir prochain, de groupes plus importants, 100000 kv-A peut-être?

Les chutes d'eau viennent en second lieu, produisant 15 pour 100 environ de la consommation totale. Les turbines hydrauliques, utilisant leur puissance, sont généralement à axe vertical, leur palier supérieur étant supporté par l'alternateur lui-même. Celui-ci a conservé généralement la forme dite « parapluie », primitivement établie pour les chutes du Niagara.

Des unités de ce type ont été construites jusqu'à 12000 kv-A, 60 périodes : sec, 6000 à 10000 v, 500 à 600 t : min.

Pour les chutes d'eau à haute pression, les groupes à axe horizontal ont été poussés jusqu'à 18 000 kv-A par unité.

Des industries et des villes nouvelles naissent et croissent rapidement à proximité des chutes importantes; celles du Niagara ont déjà amené dans toute la région une prospérité inouïe dont profitent plus de 200000 habitants; malgré les protestations violentes dans le monde des ingénieurs qui voulaient absolument réduire le Niagara à l'état domestique, on a même dû mettre un frein au développement de l'industrie, pour sauvegarder un paysage unique au monde. Les défenseurs de nos sites nationaux, ceux qui ont déjà plaidé pour notre délicieuse petite Romanche, seront peut-être heureux d'enregistrer un tel précédent.

Le reste de la production totale indiquée ci-dessus provient surtout des moteurs à gaz de hauts fourneaux, installés dans les grosses usines métallurgiques; les stations les plus importantes possèdent jusqu'à 30 unités

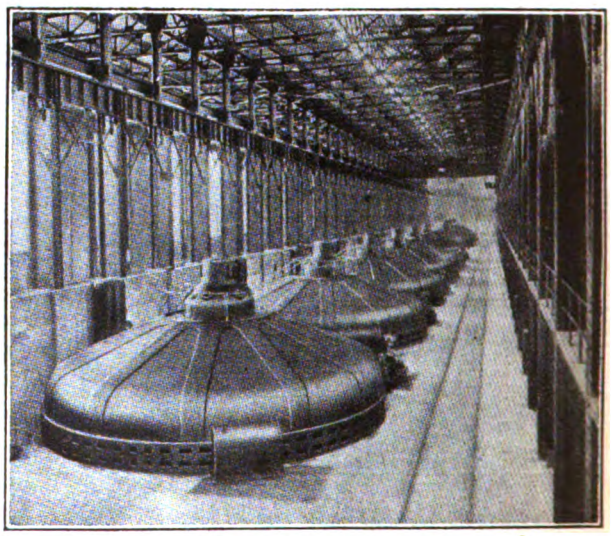


Fig. 3. — Salle des machines de la station des Cedars Rapids (rivière Saint-Laurent). Elle comprend 9 groupes identiques à axe vertical donnant chacun 10 000 kv-A à 6 500 v, 136 pôles, 52 à 56 t : min, cos $\varphi = 0{,}75$.

de 2 000 à 3 000 kv-A chacune, fonctionnant en parallèle à 120 t : min sur le même réseau.

En toute impartialité, nous devons cependant cons-

Digitized by Google

tater que certaines grandes sociétés américaines ayant suffisamment souffert des troubles provenant des conditions d'entretien et d'exploitation inhérentes à ce genre de machines, ont préféré arrêter leurs moteurs existants, brûler leur gaz sous des chaudières pour alimenter des turbines, en achetant au besoin leur supplément de courant à la distribution hydro-électrique la plus voisine. Toutes les discussions restent permises au sujet des économies qui ont pu être réalisées par cette transformation.

Dans certaines petites usines locales, on rencontre également quelques groupes à gaz pauvre et quelques moteurs à pétrole, mais ce sont des cas tout à fait exceptionnels.

En résumé, le turbo-alternateur à vapeur à grande puissance est le principal producteur de courant; il est d'autant plus économique aux États-Unis que le prix du charbon est relativement peu élevé et ne dépasse pas 10 fr la tonne dans la plupart des grands centres industriels.

Distribution du courant. — Le courant triphasé haute tension est généralement employé; la fréquence

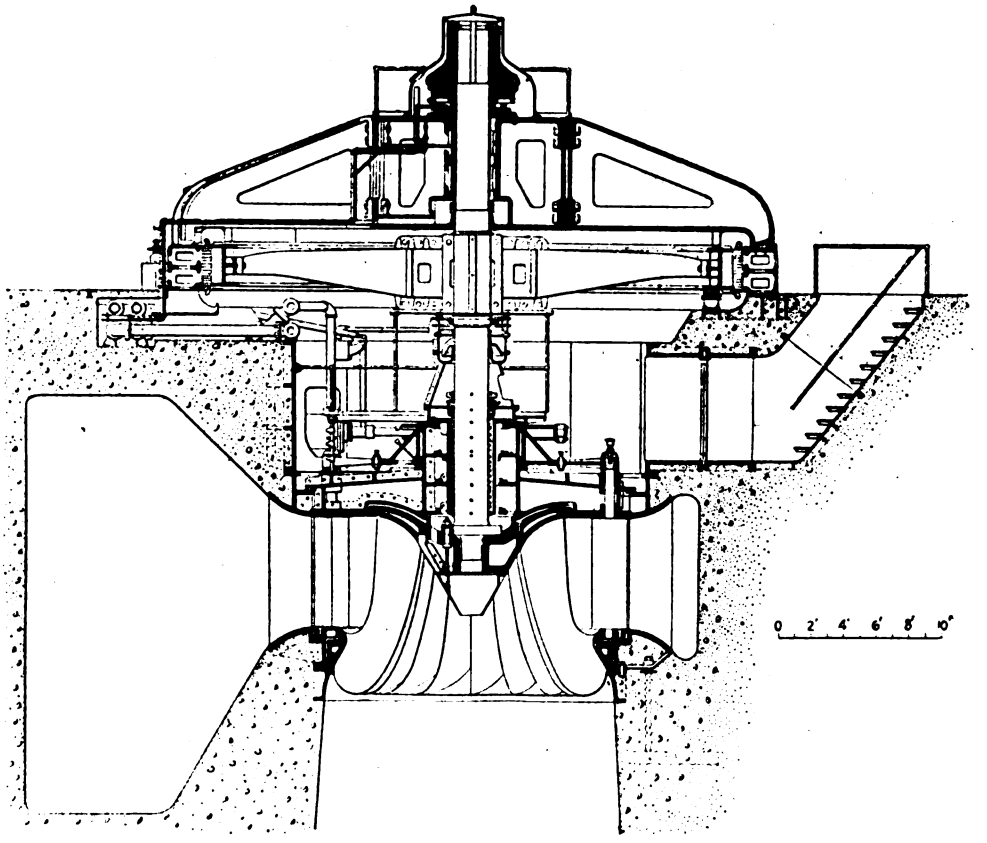


Fig. 4. — Coupe d'un groupe turbine-alternateur de 10 000 kv-a.

normale est 60 p : sec; on trouve, cependant, quelques provinces à 50 p : sec et quelques applications spéciales à 25 p : sec; remarquons, en passant, que le courant à 42 p : sec, cher aux Parisiens par son origine mystérieuse, y est pratiquement inconnu.

Les tensions de distribution varient de 50 000 à 140 000 v. Les lignes sont établies sur herses et pylônes métalliques largement dimensionnés et supportées par des isolateurs en chapelet dont les derniers types sont tous unifiés.

L'effet couronne, quoique occasionnant encore quelques troubles, n'est plus un obstacle à l'exploitation régulière des très hautes tensions.

Pour arriver à diminuer le plus possible le prix de revient du kilowatt-heure, pour augmenter le rendement des stations et des réseaux, des ententes financières ont eu lieu entre tous les producteurs de courant d'une même région, dont tous les réseaux sont reliés entre eux sur plusieurs centaines de kilomètres, et dont toutes les stations et sous-stations peuvent fonctionner en parallèle. C'est en partant de ce principe de coopération, qu'on a pu envisager l'emploi des unités énormes indiquées ci-dessus, sans avoir à prévoir des rechanges onéreux ou à craindre des accidents paralysant toute une province en cas d'arrêt fortuit de l'une des unités génératrices.

Il est certain qu'un petit pays comme la France, dont la plus grande dimension n'atteint pas 1 000 km, pour-

Digitized by Google

rait facilement envisager une exploitation unique de toutes ses ressources électriques, si nos lois voulaient pour une fois faire cause commune avec le progrès. Nous pourrions alors pardonner à 1910 de ne pas avoir amené le Rhône à Paris si 1920 pouvait nous montrer tous les fleuves, toutes les rivières, toutes les houillères, toutes les grandes usines de France travaillant ensemble sur les mêmes artères et portant, de Dunkerque à Perpignan, de Brest à Strasbourg, dans chaque usine et dans chaque ferme, la force et la lumière économiques, indispensables à la vie moderne des peuples.

Transformation du courant. — Les sous-stations de transformation statiques sont généralement placées dehors. Les transformateurs sont à huile, avec ou sans circulation d'eau, ou même mixtes avec les deux systèmes. Des réactances extérieures, très robustes, les protègent contre les surtensions.

On construit couramment des transformateurs à refroidissement naturel de 5 000 à 8 000 kv-a; avec la circulation d'eau, on est déjà arrivé à 10000 et 12000 kv-a. On signale même la construction d'un transformateur triphasé de 50000 kv-a à circulation d'eau, directement raccordé à un alternateur de même puissance, et devant fournir un rendement de 99,4 en pleine charge.

Les sous-stations de transformation de triphasé en continu comprennent soit des groupes transformateurs tournants de 5 000 à 6 000 kv-a, soit des commutatrices avec pôles de commutation, pouvant aller également jusqu'à 6 000 kv-a. Un dernier type étudié par la General Electric Co devra donner 6 825 kw à 325 v continus.

Le groupe convertisseur avec moteur synchrone

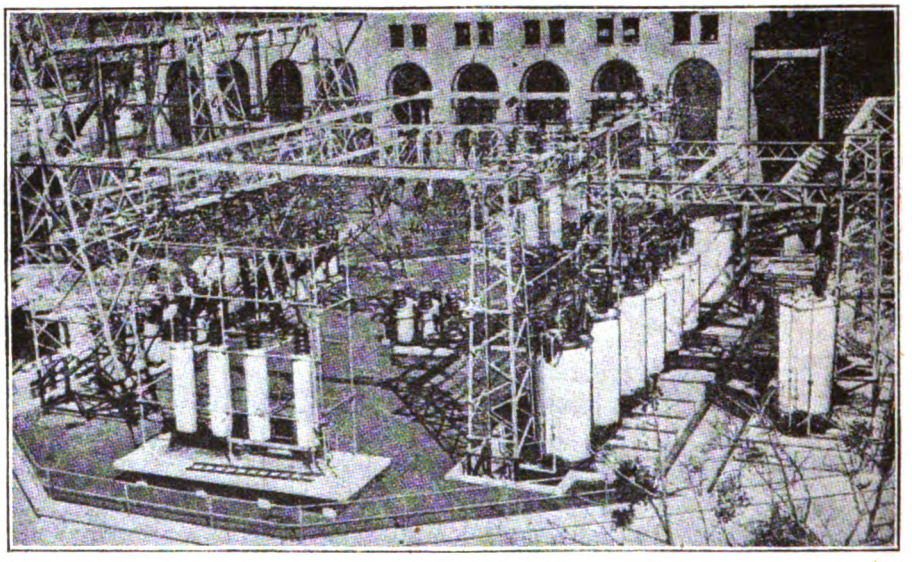


Fig. 5. — Vue d'une sous-station de transformation à l'extérieur. Rapport de transformation 60 000 à 2 400 v.

surexcité est très fréquemment employé; son emploi est précieux pour le réglage du facteur de puissance sur les longs feeders.

Des essais persévérants continuent pour la mise au point des rectifieurs à vapeur de mercure de grande puissance. Les résultats actuellement acquis sont encore du domaine du laboratoire, mais l'apparition prochaine sur le marché d'un rectifieur d'une centaine de kilowatts n'aurait rien de surprenant. Ce type d'appareil, construit couramment pour quelques kilowatts, donne de bons résultats pour la charge des accumulateurs dans les garages d'automobiles.

Applications électromécaniques. — a) *Machines-outils.* — L'avantage résultant de la commande individuelle électrique des machines-outils n'est plus discuté; la transmission par courroie tend à disparaître rapidement : tous les jours, des installations existantes sont transformées en conséquence. Une nouvelle tendance, dont le développement est également à signaler, se précise : le remplacement de la commande à main, démarreurs ou contrôleurs, par la mise en marche automatique. Le démarreur automatique, timidement expérimenté en France depuis longtemps, a fait des progrès tellement sérieux comme construction et comme service, qu'on peut citer des applications où il fonctionne depuis plusieurs années sans avoir nécessité le plus faible entretien ni occasionné le plus léger trouble. Il s'adapte aux cas les plus délicats, augmente le rendement de l'outil, supprime les accidents dus à la maladresse du conducteur, et a déjà certainement acquis une bonne réputation auprès de ceux de nos constructeurs qui utilisent, depuis la guerre, les derniers types de mortaiseuses ou raboteuses américaines.

b) *Appareils de levage et de manutention.* — Cette importante branche d'applications, comprenant les ponts-roulants, grues, manipuleuses, chargeuses, excavateurs, etc.., est éminemment prospère aux États-Unis.

Digitized by Google

Le courant continu est presque exclusivement employé ; la commande des différents mouvements par contacteurs et démarreurs automatiques se généralise de plus en plus, ce qui permet de manœuvrer les appareils les plus compliqués d'un point quelconque à proximité de l'appareil. L'opérateur, enfin sorti de sa cage, muni d'appareils portatifs légers, est libre de ses mouvements et peut se placer à l'endroit qu'il trouve le meilleur pour

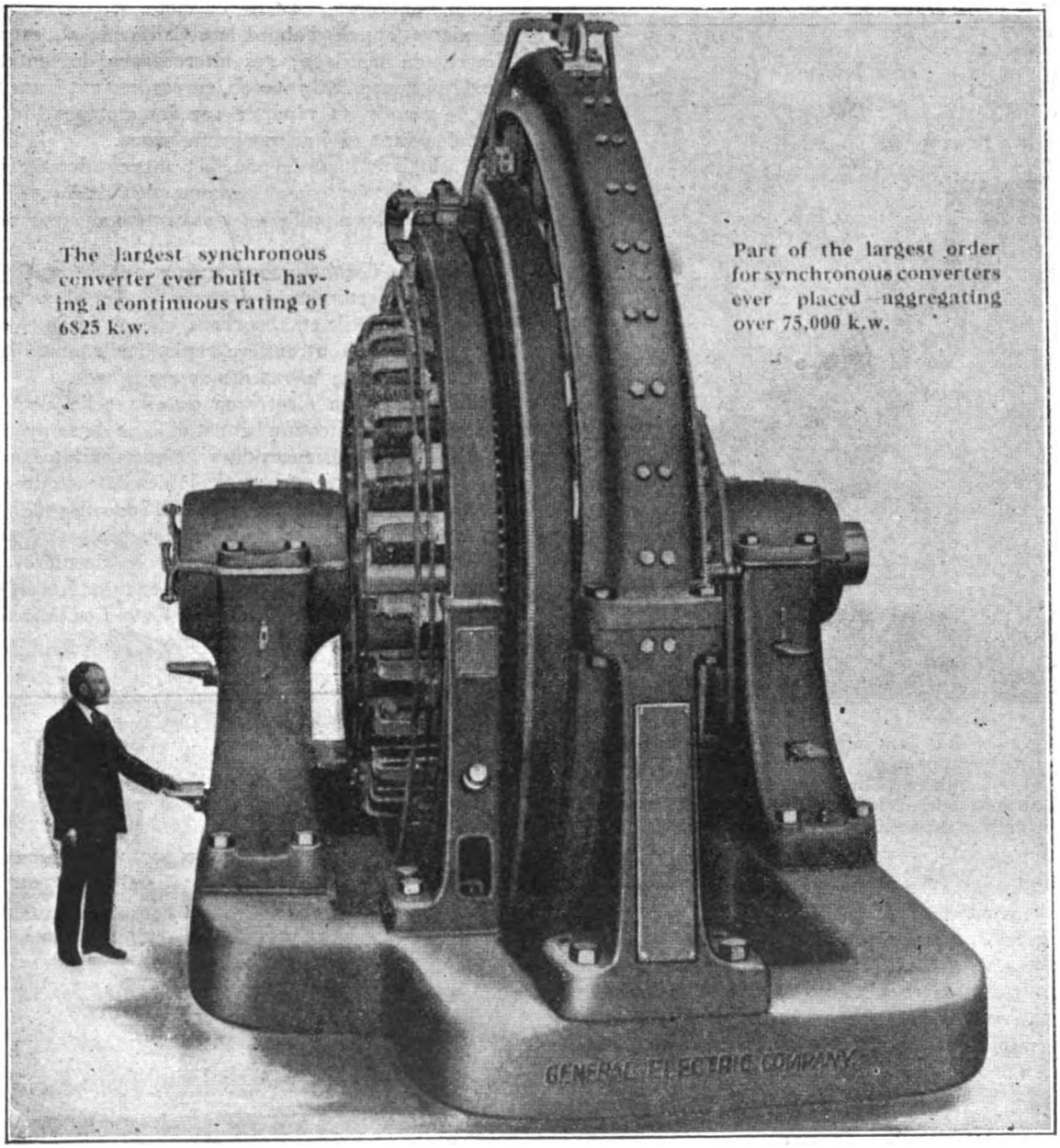


Fig. 6. - Vue d'une commutatrice triphasée de 6 825 kw, 325 v. 11 machines identiques sont actuellement en construction

surveiller la manœuvre. C'est grâce à cette commande automatique que les puissants appareils à bennes preneuses (système Hulett), employés pour le déchargement des bateaux de minerais dans les ports des grands lacs, peuvent arriver à une production journalière extraordinaire : les derniers modèles peuvent en effet enlever du bateau et porter dans des wagons, jusqu'à 250 t de minerai à l'heure. Les excavateurs à commande électrique se substituent de plus en plus aux excavateurs à vapeur. L'un des derniers types créés pèse 300 t et un seul homme peut effectuer toutes les manœuvres permettant d'enlever jusqu'à 15 t de terrain en 45 secondes.

c) *Grosse métallurgie.* — Tous les accessoires de la grosse métallurgie, tout ce qui charge, décharge, élève,

Digitized by Google

tourne, manipule les matériaux ; dans les parcs à minerais, autour et sur les hauts fourneaux, dans les aciéries et les forges, dans les fonderies et ateliers d'emboutissage, tout est évidemment à commande électrique ; on peut enregistrer l'emploi presque général du moteur

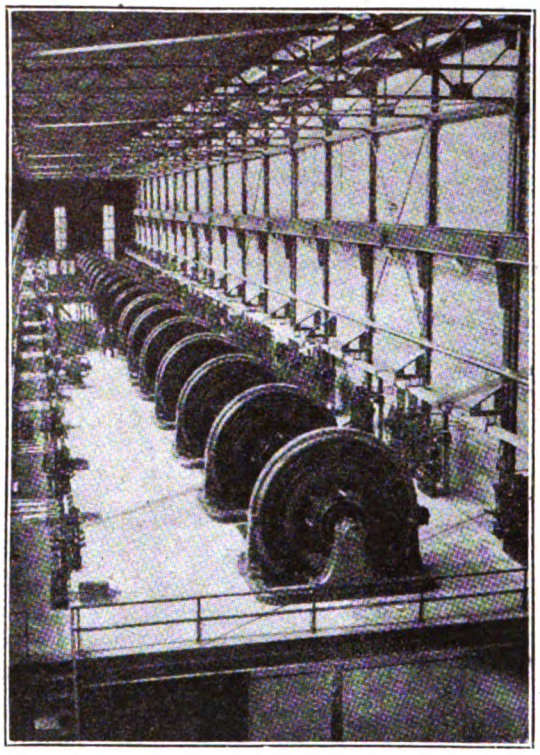


Fig. 7. — La plus grande sous-station du monde. Elle comprend 22 commutatrices de 3 000 kw, 525 v continus. Elle peut donner 70 000 kw en courant continu et reçoit du triphasé à 110 000 v, 60 p : sec, par une ligne de 80 km de longueur.

blindé, l'usage des contacteurs et l'automaticité des diverses commandes.

Pour les trains de laminoirs eux-mêmes, l'électrification est encore une exception. Cependant, quelques usines très modernes (Gary et South Bethlehem par exemple) sont complètement électrifiées. Les laminoirs sont conduits par de gros moteurs asynchrones allant jusqu'à 2 000 et 3 000 ch. Les dispositifs les plus récents sont employés pour récupérer l'énergie du rotor, maintenir la vitesse réglable près du synchronisme et supprimer le décalage de phase du courant.

Il n'y a guère que deux ou trois ans que les trains réversibles par groupes Ilgner ont fait leur apparition aux Etats-Unis. Les premiers résultats d'exploitation permettent d'espérer un développement rapide de ce genre d'installation. Cependant, tous les métallurgistes ne sont pas encore d'accord à ce sujet, et les apôtres du train réversible à vapeur reprochent à la solution électrique sa complication et son prix d'installation.

Marine. — L'électrification complète des gros bateaux a été étudiée très sérieusement par la marine américaine. Après quelques essais de principe, sur de petites unités, les expériences ont été continuées sur un bateau charbonnier de 20 000 t, le « Jupiter », dont les résultats ont été très encourageants.

Un nouveau navire, le cuirassé de 32 000 t « New Mexico » (appelé d'abord le « California »), est actuellement en montage ; ses alternateurs doivent fournir une puissance de 37 000 ch, correspondant à une vitesse de 22 nœuds, et répartie sur des moteurs d'induction commandant les 4 arbres propulseurs.

Un bâtiment spécial pour le transport du pétrole « Le Labrea » est également à commande électrique ; les propulseurs et les auxiliaires sont commandés par moteurs asynchrones.

Enfin, le dernier programme naval de 1916 prévoit 4 nouveaux croiseurs à commande électrique pouvant donner 35 nœuds en absorbant chacun 190 000 ch : la ville de Paris tout entière serait facilement illuminée par les groupes générateurs de ces géants.

La propulsion électrique est-elle celle de l'avenir malgré sa complication ? Il est difficile de se prononcer, car d'autres expériences ouvrent un avenir très brillant aux turbines à engrenages. Déjà des bateaux de 10 000 t employant des machines de 2 000 à 4 000 ch sont installés avec ce nouveau système, dont l'emploi est également prévu pour les contre-torpilleurs des dernières séries. Le fonctionnement des turbines à engrenages est déjà si satisfaisant et d'un rendement si élevé (les trains réducteurs peuvent donner couramment 98 à 99 pour 100)

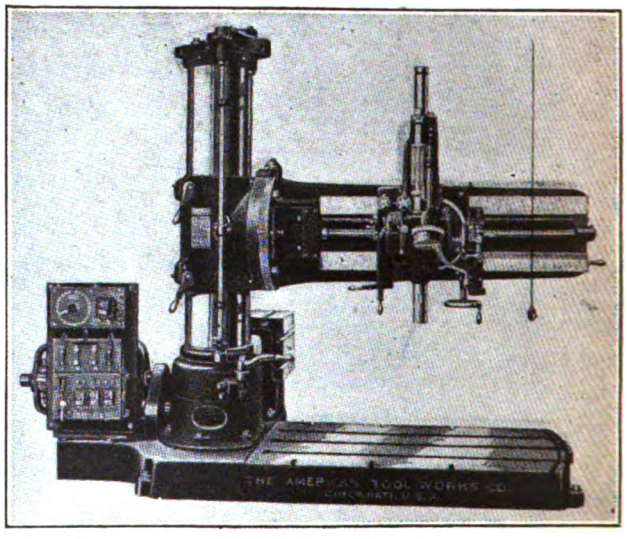


Fig. 8. — Démarreur automatique et son application sur une perceuse radiale à vitesse réglable.

qu'on doit prévoir leur développement rapide, tant pour les groupes générateurs à courant continu permettant d'utiliser des génératrices à vitesse et commutation normales que pour les applications mécaniques les plus diverses, telles que pompes centrifuges, compresseurs,

Digitized by Google

ventilateurs, etc., applications dont l'usage est universel dans toutes les branches de l'activité industrielle, terrestre ou maritime.

Traction électrique. — Si l'oncle Sam ne parle pas encore d'électrifier la ligne New-York-San-Francisco, il commence déjà à y rêver.

La traction électrique marche à pas de géant aux Etats-Unis. Les premiers résultats d'exploitation montrent que la traction à vapeur reste généralement plus économique pour les très grands trajets, mais qu'il est déjà avantageux d'électrifier :

1° Tous les environs des grandes villes, dans un rayon de 150 km ;

2° Toutes les sections de lignes à proximité des chutes d'eau ou des grands centres métallurgiques ;

3° Les lignes de montagne à grandes pentes et à gros trafics.

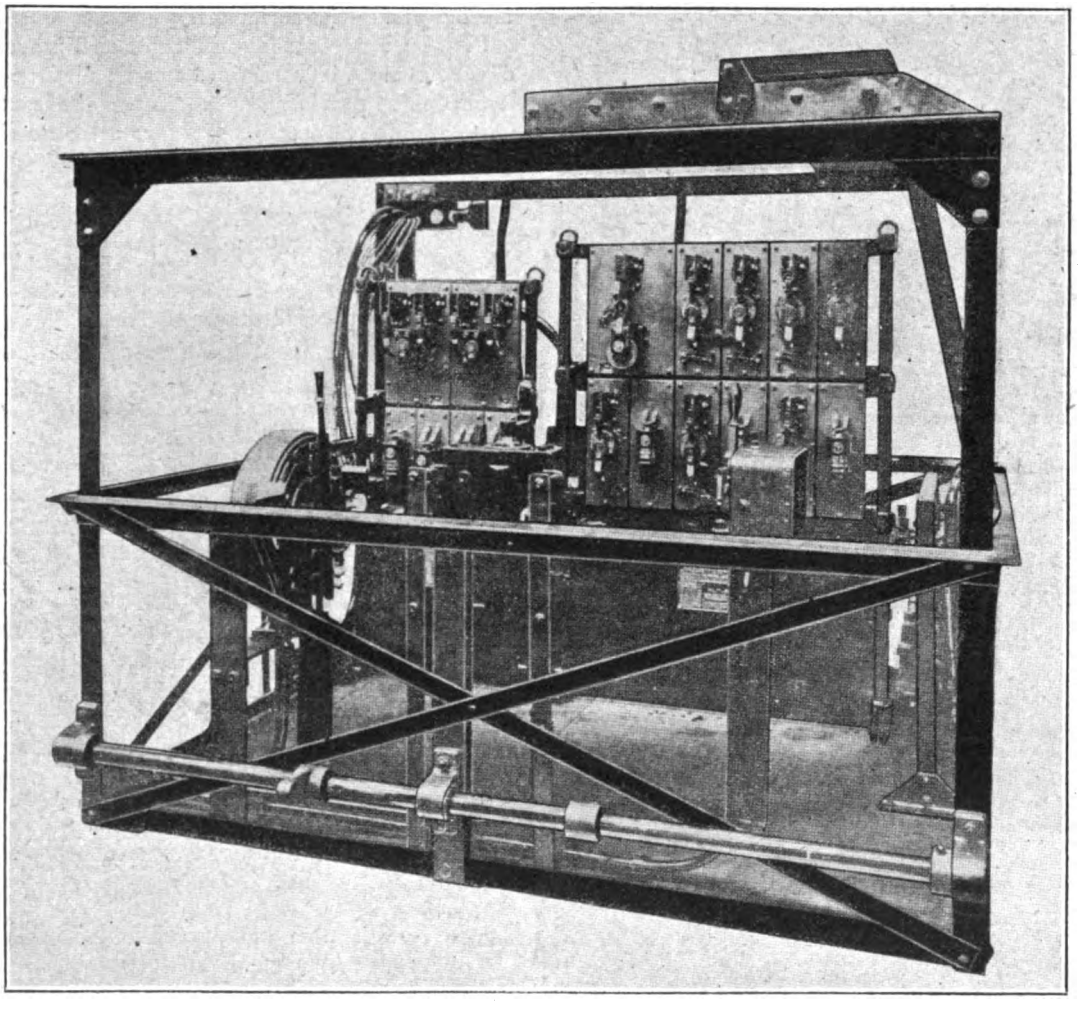


Fig. 9. — Intérieur de la cage de manœuvre d'un pont roulant de fonderie dont tous les organes sont à commande automatique.

Deux principaux systèmes sont actuellement en concurrence et donnent de bons résultats :

1° Emploi du courant continu haute tension, 3 000 à 5 000 v, avec prises de courant, troisième rail ou trolley ; les locomotives possèdent des moteurs à 1 500 v attaquant les essieux par engrenages avec interposition d'un coupleur élastique entre la denture et l'essieu. Dans certains modèles, le moteur est directement placé sur l'essieu lui-même. La plus belle application de ce système a été faite l'année dernière sur la ligne Chicago, Milwaukee and Saint-Paul, la première année d'exploitation a donné déjà des résultats remarquables ; des agrandissements en cours d'exécution porteront à 700 km la longueur de voie électrifiée.

2° Emploi du courant alternatif monophasé à haute tension, 12 000 v, 25 p : sec, avec lignes caténaires et trolleys pantographes. Les premiers types de locomotives employaient des moteurs-séries à collecteurs, commandant les essieux par engrenages. Les derniers types créés possèdent un petit groupe tournant, appelé convertisseur de phases, qui transforme le monophasé en triphasé sur la voiture même et permet d'utiliser des

Digitized by Google

moteurs triphasés d'induction pour la commande des essieux ; la récupération d'énergie dans les descentes est également possible avec ce dispositif. Plusieurs grandes lignes dans la région de Philadelphie sont équipées avec

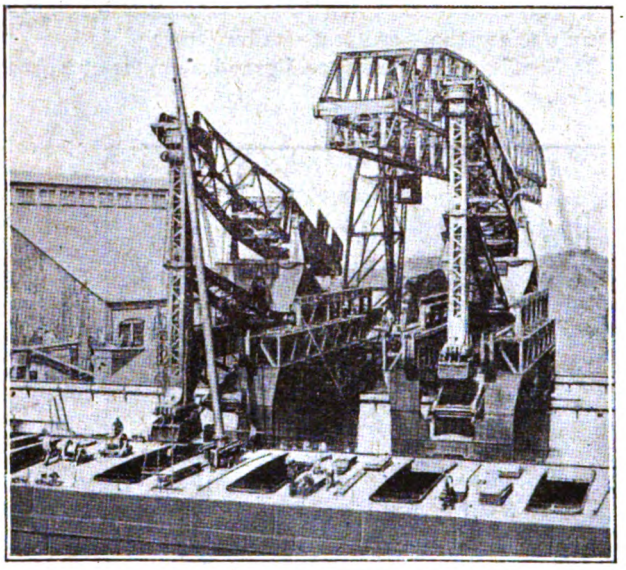


Fig. 10. — Ensemble d'appareils Hulett pour le déchargement des bateaux de minerais. Tous les mouvements sont à commande électrique et à démarrage automatique.

le système monophasé sur plusieurs centaines de kilomètres.

Une vingtaine de sous-stations automatiques ont été mises en exploitation l'année dernière. Leur fonctionnement a été très satisfaisant et prouve, dès à présent, que le personnel n'est pas nécessaire pour la surveillance

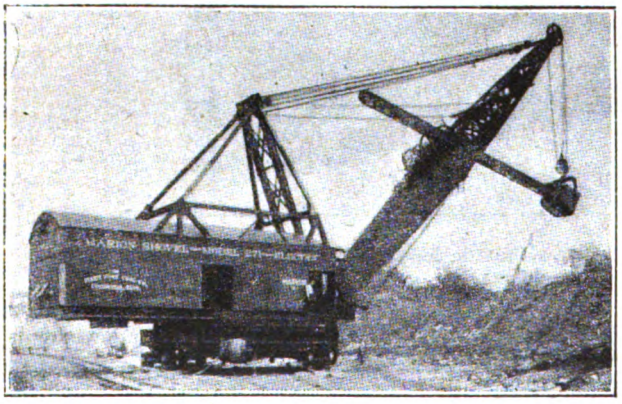


Fig. 11. — Ensemble d'un excavateur électrique de 250 t.

continuelle des machines. La marche automatique supprime les machines tournant à vide et augmente le rendement d'exploitation. Des sous-stations automatiques transportables, logées à l'intérieur de grands wagons, peuvent être facilement amenées le long des voies, à proximité du point où leur emploi est le mieux justifié.

Les tramways électriques sont légion : ils remplissent les artères de chaque ville commerciale, sillonnant tous les quartiers, les faubourgs, la banlieue ; reliant entre elles des régions éloignées, et concurrençant le chemin de fer sur des trajets de près de 100 km. Leur multitude a envahi les très grandes villes : New-York, Chicago, Philadelphie n'ont plus assez d'avenues pour eux et doivent les loger, soit dans des tubes souterrains, soit sur des passerelles aériennes.

Peut-on espérer arriver bientôt en France à un tel développement de la traction ? Les premiers essais d'électrification ne paraissent pas très encourageants : d'autre part, les lois et les administrations actuelles s'y prêtent mal ; on sent une hostilité routinière et générale

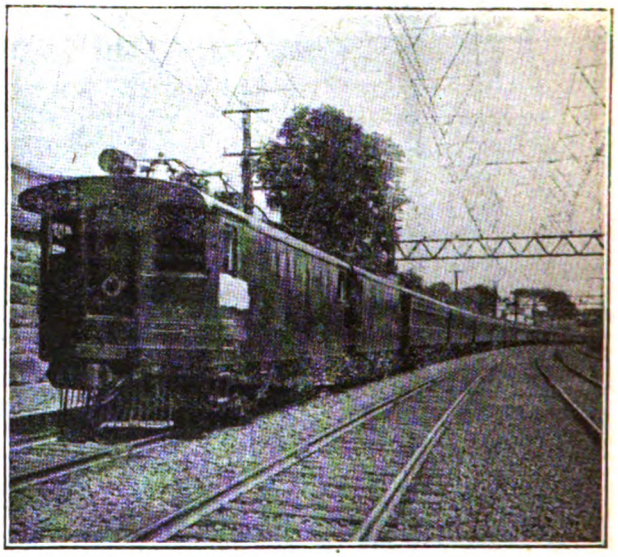


Fig. 12. — Train de voyageurs du New-York, New-Haven et Hartford Railway. Courant monophasé 12 000 v, 25 p : sec. Chaque locomotive est actionnée par 4 moteurs monophasés de 250 ch chacun.

contre cette application intéressante de l'électricité.

Les grandes villes américaines ont trouvé dès le début les mêmes résistances de la part des grandes Compagnies ; mais elles les ont immédiatement brisées en exigeant la suppression absolue des fumées sur leur territoire. Ces décisions municipales ont entraîné immédiatement l'électrification des réseaux de chemins de fer dans les cités et leurs banlieues et ont été la source du magnifique essor de la traction électrique aux Etats-Unis. Souhaitons que nos conseils municipaux puissent arriver au même résultat sans de trop longues luttes.

INSTALLATIONS DE MINES. — La commande électrique des treuils de mines se développe rapidement. On emploie soit la commande directe par gros moteurs, soit le groupe Ilgner. En courant continu, un des plus gros treuils équipés est commandé par un moteur de 1 800 ch,

Digitized by Google

à 80 t : min. En courant triphasé, on trouve également un treuil commandé par engrenages par un moteur asynchrone de 1 800 ch. Quatre-vingts treuils nouveaux ont été installés l'année dernière, utilisant environ 30 000 ch avec une puissance moyenne de 400 ch par machine.

Certaines installations, dernier cri, utilisent même des groupes Ilgner absolument automatiques : malgré tout le perfectionnement des appareils modernes, nous espérons que ce système est interdit pour le transport du personnel.

Les manutentions des wagonnets à l'intérieur des mines se font par petites locomotives, soit à trolleys (jusqu'à 15 à 20 t) soit à accumulateurs (jusqu'à 7 et 10 t). L'accumulateur Edison, très robuste, est généralement employé pour ce genre de tracteur.

Électrométallurgie et électrochimie. — La guerre ayant supprimé l'exportation allemande a obligé les Américains à édifier rapidement de nouvelles usines

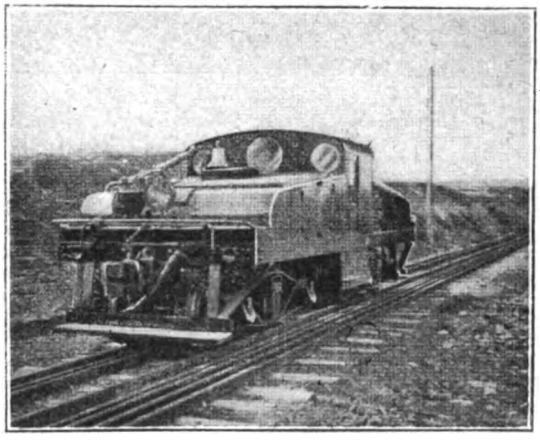


Fig. 13. — Petite locomotive de 25 t pour mine (voie normale).

d'électrochimie, principalement aux environs des stations hydrauliques. Le carborundum, les hypochlorites, chlorates et perchlorates, la soude, l'hydrogène, les nitrures, sont actuellement produits en grande quantité par plus de 2 millions de chevaux installés.

L'électrométallurgie, elle aussi, progresse : 150 fours électriques sont installés, absorbant 50 000 ch et produisent près de 1 million de tonnes de métal par an. Des fours Héroult et des fours à inductions ont été établis jusqu'à 20 t de capacité. Des fours à tremper, à recuire dont la marche est automatiquement commandée par des pyromètres sont étudiés pour les industries les plus diverses, depuis la trempe et le recuit des canons et des obus, jusqu'au séchage des vernis et des peintures.

Les précisions de température obtenues par ces fours à résistances, leur donnent une supériorité incontestable sur tous les fours à combustible ; la régularité de leur marche et le volant de chaleur qu'ils peuvent emmagasiner permettent de les installer comme égaliseurs de charge sur les stations centrales ; les producteurs de courant, dont la courbe de charge journalière possède de grandes pointes dues à leurs consommateurs d'éclairage, peuvent arriver à une amélioration importante

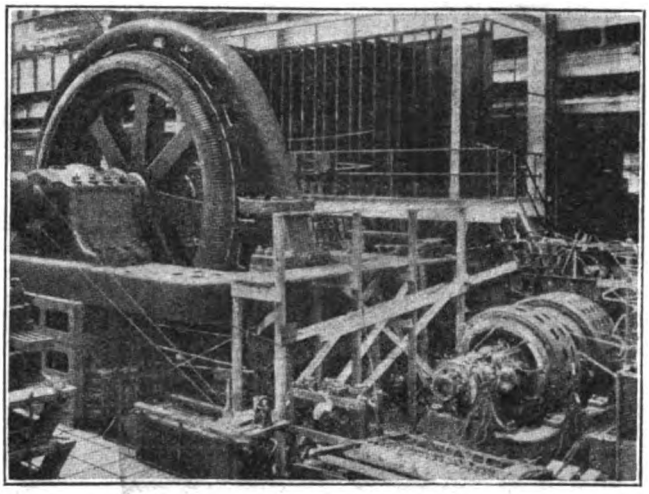


Fig. 14. — Moteur de 2 000 ch commandant un laminoir ; à côté, le petit groupe régulateur pour récupération de l'énergie rotorique.

dans la marche économique de leurs stations s'ils ont l'adresse d'exploiter eux-mêmes des industries pouvant utiliser le système de fours à résistances mentionné ci-dessus.

Applications domestiques. — En France, même dans les plus grandes villes, seul l'éclairage électrique tend à suivre une progression réellement intéressante.

En Amérique, pays par excellence du luxe et du confort,

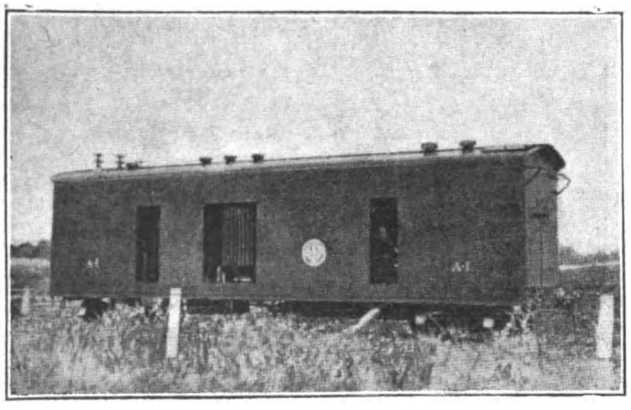
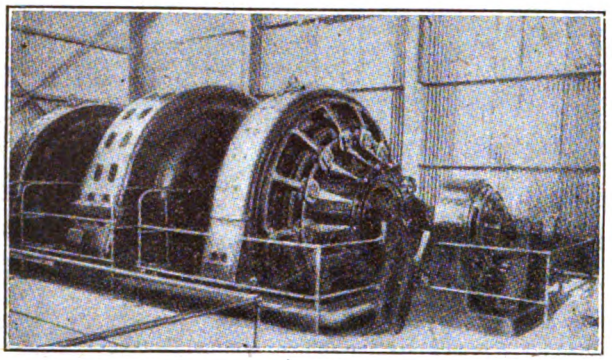


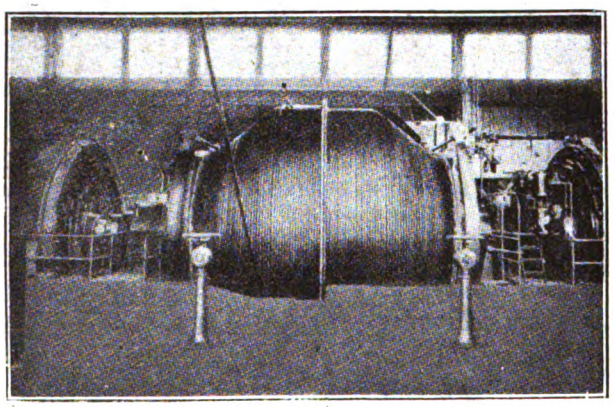
Fig. 15. — Sous-station automatique transportable.

les applications de l'électricité ont été poussées le plus loin possible dans toutes les circonstances de la vie courante. L'ambiance y est devenue telle que le plus crasseux des émigrants devient, en quelques années, un

Digitized by Google

gentleman accompli. Il n'y a pas de raison pour qu'une telle transformation soit impossible dans le vieux monde ; c'est à nous à créer l'ambiance nécessaire : la fée Electricité est prête à nous y aider. Passons





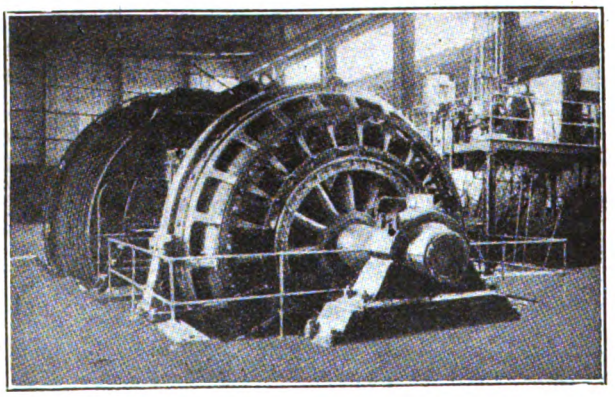


Fig. 16. — Treuil de mines commandé par groupe Ilgner comprenant : 1 moteur triphasé asynchrone 5 000 ch, 16 pôles, 375 t : min, 2 000 v, commandant 2 génératrices shunts, 14 pôles, donnant chacune 1 650 kw, 550 v et une excitatrice compound de 60 kw ; 2 moteurs du treuil, 2 000 ch, 22 pôles, 53 t : min, 550 v, enroulements shunts.

rapidement en revue ses dernières métamorphoses.

L'automobile électrique, propre, silencieuse, facile à conduire, se développe dans les grandes villes, où les habitants sont riches et le courant bon marché.

Le petit camion électrique transportant rapidement les matériaux ou les bagages, est devenu indispensable dans tous les ateliers comme dans toutes les gares.

Le gros camion électrique fait concurrence au camion

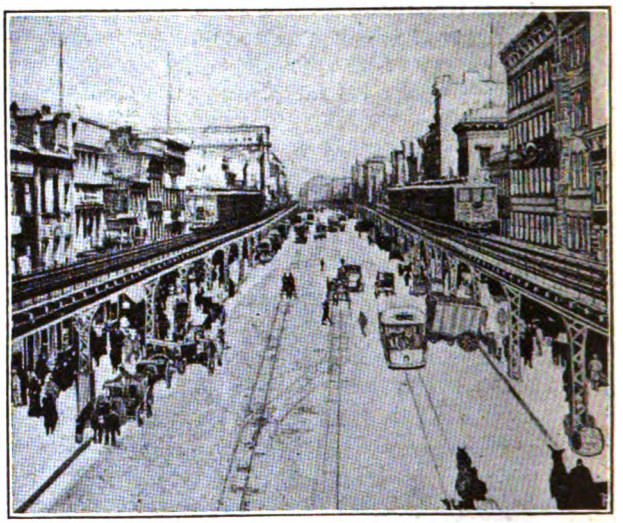


Fig. 17. — Le quartier Bowery à New-York. Les tramways et les trains surélevés.

à essence ; les derniers types créés vont jusqu'à 5 t et peuvent faire journellement 100 km en terrain plat. Des installations spéciales pour la recharge de leurs accumulateurs existent dans tous les garages.

Toutes les automobiles américaines, celle du paysan comme celle du milliardaire, possèdent la combinaison électrique dynamo-accu-disjoncteur automatique qui permet le départ, l'allumage du moteur et l'éclairage de

Fig. 18. — Appareil pour lavage de la vaisselle.

la voiture. La manivelle casseuse de bras et le phare puant ou obscur sont bien morts en Amérique.

Une combinaison analogue, installée sur chaque wagon, donne l'éclairage électrique sur tous les réseaux

Digitized by Google

de chemins de fer. Un petit moteur est placé sous la voiture et commandé, à l'aide d'une courroie, par les essieux.

Les ascenseurs, dont la construction se développe en

Fig. 19. — Machine à coudre à commande électrique.

même temps que celle des gratte-ciel, deviennent tous les jours plus nombreux, plus luxueux et plus rapides. Dans les grands « buildings » de New-York, les installations sont doubles; vous choisissez entre l'ascenseur-omnibus et l'ascenseur-express.

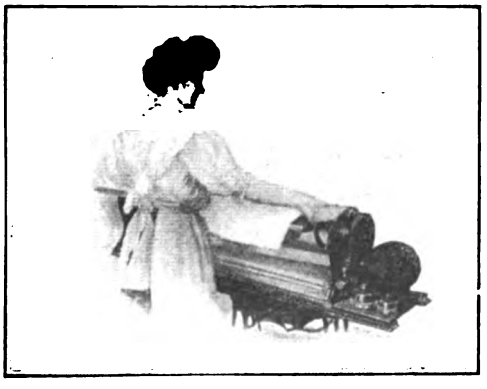


Fig. 20. — Appareil pour le repassage électrique des nappes.

Entrons au restaurant :

Ce ventilateur, qui oscille en ronronnant pour vous faire oublier la vague de chaleur, est évidemment électrique; de petits moteurs ont contribué à nettoyer ces tapis par le vide, à cirer vos souliers, laver votre assiette et peut-être battre cette omelette; d'autres actionnent l'organisme du cinéma voisin et le piano de la voisine; un autre aida votre blanchisseuse à recoudre vos manchettes, pendant que, branché sur la prise de courant, chauffait son « flat-iron »; le même fluide, qui contribua à fabriquer ce bloc de glace, chauffa votre théière et grilla à point ces toasts beurrés; c'est lui qui actionna la voix caverneuse du phonographe qui, pour cinq cents, vous a rugi votre poids exact; lui encore qui déclancha l'objectif du camera automatique où vous

Fig. 21. — Embrasement de la statue de la Liberté.

attendîtes trente secondes votre photographie; le même fluide obligeant, regonflera demain les pneus de votre voiture et pompera, au coin d'une rue, le gallon de gazoline dont vous éprouvez le besoin; il assistera, sournois, à vos convulsions chez le dentiste, dont il remplacera la pédale; c'est encore lui qui frappe à cette vitre pour vous obliger à regarder les dernières nouveautés venues de France, qu'il fait tourner doucement sur d'élégantes étagères; vous voyant mal rasé, il s'évertue à manœuvrer cette boule tricolore qui vous rappelle aux bons soins du coiffeur; il l'aidera, du reste, de tout son pouvoir pour chauffer les fers, basculer le fauteuil et

Digitized by Google

faire ronfler le vibrateur chargé de réparer des ans...

Et si, par étourderie, vous êtes écrasé à la sortie, ce même fluide, toujours prêt à rendre service, manœuvrera les scies du chirurgien chargé de faire de vous le plus up-to-date des victimes de la vie moderne.

Éclairage et illumination. — Nous ne parlerons que pour mémoire des 47 millions de lampes à filaments métalliques exécutés en 1916 pour l'éclairage des habitations et des 22 millions de lampes miniatures fabriquées pour l'éclairage des automobiles. Ce qu'il est important de signaler, c'est la tendance générale à l'éclairage intensif des grandes artères par lampes à arcs à grandes flammes, lumière jaune et charbons métalliques pouvant donner jusqu'à 4 500 bougies. L'embrasement des grands monuments, à l'aide de projecteurs puissants, donne des effets artistiques remarquables.

On peut dire que les grandes villes américaines n'éclairent plus leurs rues, elles les illuminent; il faut voir à New-York la perspective nocturne de Times Square, pour avoir une idée du développement prodigieux que l'éclairage électrique a pu atteindre dans ces dernières années. Les projecteurs, les milliers de lampes à incandescence multicolores, les arcs, les tubes lumineux se disputent l'œil du nouveau débarqué. Et si les réclames électriques animées, de 100 m² de surface et plus, ne vous prouvent pas indiscutablement la supériorité d'une nouvelle marque de cigarette ou du dentifrice nouvellement lancé, leur multitude, toute cette prodigalité de courant dépensé en réclame, tout ce grouillement de lumière mouvante, laisse dégager comme en un rayonnement l'impression de jeunesse, de hardiesse et de puissance, qu'un tel peuple peut fournir.

* * *

Résumé. — L'industrie électrique américaine nous a certainement devancés, même au point de vue purement technique, surtout en ce qui concerne l'étude des phénomènes à très haute tension. Elle nous est nettement supérieure pour la fabrication des très puissantes unités, pour la rapidité de livraison des machines normales fabriquées en grandes séries, pour la traction électrique et pour les mille utilisations journalières de l'électricité.

Si nous voulons lutter avec elle, dans la mesure de nos moyens et de nos besoins, bien des problèmes complexes sont à résoudre, bien des routines restent à vaincre, bien des indécis à convaincre.

Les lois concernant la production et l'exploitation du courant, les dispositifs de sécurité, l'aménagement des ressources naturelles, les expropriations, etc., devront être revues sur une base plus large.

Les grands projets d'utilisation de la houille blanche, l'organisation des provinces électriques, le développement des grands ports, devront être revus financièrement et avec l'intention bien ferme d'aboutir à l'exécution ; jusqu'à présent de telles études paraissent n'avoir été envisagées par le grand public que comme des thèses originales ou des pensums infligés à nos ingénieurs spécialistes ou à nos professeurs les plus compétents.

Les constructeurs devront se grouper (quel dommage que le mot « trust » ait une aussi mauvaise réputation chez nous), jeter bas les vieilles organisations et créer des organismes modernes, à grands rendements, et surtout bien spécialisés.

Les ingénieurs, eux, devront apprendre l'anglais.

Le public devra recevoir une éducation spéciale ; c'est en développant le plus possible les idées de confort dans les classes ouvrières et paysannes qu'on arrivera le plus rapidement à l'électrification intensive de toute la France.

Les efforts immédiats et bien coordonnés peuvent transformer rapidement l'avenir de notre industrie électrique ; nous n'avons pas à copier servilement les méthodes d'autrui, mais nous pouvons nous les assimiler heureusement pour rénover bien des conceptions trop anciennes. Le « kolossal » n'est pas dans nos goûts : laissons-le à d'autres et constatons en passant, avec plaisir, que le crapaud allemand doit déjà sur ce chapitre, sous peine de crever, céder la place au buffalo américain. Et si nous ne mettons pas notre point d'honneur à construire les « plus grosses machines du monde », persuadons-nous que nous sommes encore capables de créer, quand nous le voudrons, les meilleures.

Louis Bichet,
Ingénieur de MM. Schneider et Cie

Revues, analyses et informations

Nivellement des courbes de charge des consommateurs d'électricité (1).

La vente de l'énergie électrique en vue d'applications thermiques offre de grandes facilités pour faire tendre la courbe de charge des consommateurs industriels vers une ligne droite. Or, dans toute entreprise industrielle, existent de telles applications auxquelles il est possible de faire face en majeure partie, voire même totalement, par la chaleur fournie par l'électricité mieux que par celle empruntée à d'autres agents calorifiques, car les travaux correspondants peuvent être reportés à des heures de la journée où la demande en énergie électrique est plus faible. Enfin pour les applications qui n'exigent pas une température élevée, la chaleur présente l'avantage de pouvoir être accumulée jusqu'au moment de son emploi.

A ce dernier point de vue, un système de chauffage des

(1) J.-E. Brulard, *Electrical World*, 23 décembre 1916, t. LXVIII, p. 1 241-1 243.

Digitized by Google

habitations qui a fait ses preuves consiste à utiliser le courant pour élever l'eau sous pression d'un accumulateur central à des températures supérieures à 100°; sous une pression de 3,66 kg : cm², la température atteint 150° C. Le réservoir est convenablement isolé au point de vue calorifique et surélevé sur un massif. Les calories emmagasinées sous cette forme sont aussi bien utilisées au réchauffage de la colle, ou dans des chambres de séchage ou à d'autres besoins.

Consommation élargie à un tarif plus faible — Actuellement les usines génératrices vendent leur énergie aux gros consommateurs et, dans bien des cas, à de petits abonnés aussi, sur la base d'une redevance fixe de 10 fr par mois (0,40 fr par jour, en admettant 25 jours ouvrables par mois) pour chaque kilowatt installé et d'une redevance de 0,10 fr pour chaque kilowatt-heure dépensé.

On comprend de suite que, dans ces conditions, l'abonné a intérêt à répartir sa dépense fixe sur le plus grand nombre possible de kilowatts-heure, ou, autrement dit, à élargir sa consommation d'énergie sans toutefois dépasser le maximum contractuel, puisque cette énergie supplémentaire n'est facturée que 0 fr. 10 le kilowatt-heure. La courbe de la figure 1 représente la marche régressive du prix de

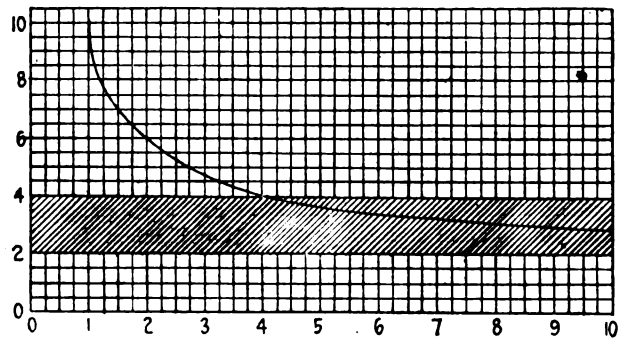


Fig. 1. — Courbe des tarifs du kilowatt-heure en fonction du nombre d'heures de fonctionnement à pleine charge.

revient total du kilowatt-heure en fonction du nombre d'heures de la journée pendant lesquelles un abonné marcherait à sa pleine charge.

Par exemple, un client de 1 kw, qui n'userait que 1 kw-h, payerait le maximum, soit 10 cents = 0,50 fr : kw-h et le minimum, soit 3 cents = 0,15 fr : kw-h, s'il consommait 10 kw-h. En réalité, le minimum correspond à une marche de vingt-quatre heures à la puissance maximum, et l'auteur donne alors le prix de 2,27 cents = 0,12 fr pour prix du kilowatt-heure.

Or, il n'y a pas d'industriel qui travaille avec un facteur de charge de 100 pour 100. Les pompes elles-mêmes auxquelles, en principe, on demande un travail continu de jour et de nuit, doivent subir des pauses à certains moments; de sorte que la courbe de charge a plutôt une allure irrégulière telle que celle représentée en figure 2. Cette feuille correspond à un abonné de 1 kw utilisant le courant huit heures par jour pour une consommation de 4 kw-h. De la courbe de la figure 1, on conclut que le kilowatt-heure lui revient à 4 cents = 0,20 fr. Or, la partie hachurée représente toute l'énergie dont il peut disposer pour le chauffage sans dépasser son maximum; s'il l'utilise entièrement, le prix total du kilowatt-heure tombe à 3 cents = 0,15 fr.

Explication du tarif en dehors de la pointe à l'abonné. — Les chefs d'industrie sont toujours heureux d'être éclairés sur ce point, car beaucoup d'entre eux hésitent devant l'adoption de l'électricité pour certaines applications thermiques tout simplement parce qu'ils craignent de payer à un tarif prohibitif les calories obtenues dans ces conditions. Cependant, dès qu'on leur a montré qu'ils peuvent, par exemple, utiliser leurs fours à émailler à certaines heures de la journée sans augmenter la puissance de leur installation et tout simplement en soldant l'énergie dépensée au prix de 0,10 fr le kilowatt-heure, ils écoutent avec plus d'intérêt les propositions de chauffage électrique.

Mais avant d'entreprendre aucune démarche, le directeur de l'usine devra s'enquérir de tous les éléments nécessaires au tracé des courbes 1 et 2 relatives au client qu'il veut gagner à son raisonnement. La courbe 1 résulte des tarifs propres à l'usine; elle est tracée une fois pour toutes. La ligne horizontale inférieure est la limite vers laquelle tend asymptotiquement la courbe des tarifs; la ligne horizontale supérieure est caractéristique du client; on l'obtient en divisant la dépense mensuelle totale par le nombre de kilo-

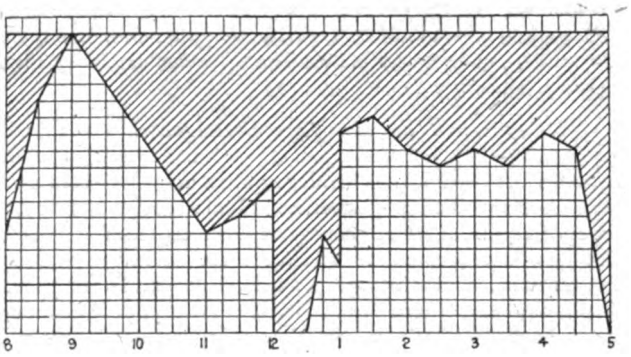


Fig. 2. — Spécimen de courbe de charge correspondant à une consommation quotidienne de 4 kw-h en 8 heures. La partie hachurée indique les heures et la quantité d'énergie disponibles pour le chauffage sans dépassement de la puissance déclarée.

watts enregistrés à son compteur; pour plus de précision encore, on prend la moyenne de plusieurs mois.

Avec l'exemple choisi ci-dessus, on avait une consommation mensuelle de 100 kw-h, ce qui fait une dépense totale de $10 + 100 \times 0,10 = 20$ fr; d'où $20 : 100 = 0,20$ fr $= 4$ cents.

Pour établir le graphique 2, on trace à la même échelle la consommation quotidienne d'un très grand nombre de jours (un mois au moins) soit sur une même feuille, soit sur des feuilles séparées transparentes. L'enveloppe de toutes ces courbes est la courbe cherchée qui indique les heures et la quantité d'énergie dont l'abonné peut disposer pour son accumulateur de chaleur sans outrepasser ses droits.

L'auteur insiste d'une façon toute particulière sur le soin qu'il faut apporter à la confection de cette courbe moyenne, pour éviter qu'on absorbe dans la période de chauffage les pointes de certains jours, pointes variables dans le temps suivant la nature de l'industrie du client envisagé.

Mais une fois toutes les précautions prises, il est possible de rechercher le meilleur mode d'emploi de la chaleur. Pour la plupart des industriels, on trouvera des applications en perfectionnant certains travaux qui sont exécutés actuellement sans le secours de la chaleur. Par exemple, on pourra substituer la soudure par points au rive-

Digitized by Google

tage; de même on pourra souder en bout des fils que l'on se contente de tortiller ensemble. D'un autre côté, une étude de la disposition des bâtiments fera connaître s'il est économique de les chauffer en utilisant l'eau chauffée électriquement pendant les heures de nuit, comme il a été indiqué plus haut. Certains jours d'automne et de printemps, il n'est pas mauvais de donner une chauffe le matin, car le froid peut influencer le rendement des ouvriers; mais une fois que l'atmosphère a été convenablement adoucie, la chaleur dégagée par la machinerie et l'élévation même de la température extérieure maintiennent l'intérieur à la température désirée.

Après ces applications thermiques qui ne sautaient pas de prime abord aux yeux, il y a encore celles qui emploient le coke, l'huile et le gaz. Pour chacune d'elles on construira une courbe de consommation correspondant à ses exigences propres en puissance et en durée et chacune d'elles individuellement doit tomber en dedans de la courbe correspondant à la puissance maximum.

C'est alors seulement qu'il est possible de traiter avec le client industriel qui écoutera d'autant plus favorablement vos propositions que son prix moyen du kilowatt-heure est réduit. On développe d'ailleurs le chauffage électrique beaucoup plus par un tarif dégressif qui englobe en même temps la lumière et la force motrice que par des tarifs spéciaux pour le chauffage.

Développement du chauffage électrique chez les petits abonnés. — Ce système permet aussi de multiplier les petites installations de chauffage qui ne pouvaient être avantageuses ni à l'usine génératrice, ni aux consommateurs, du moment qu'il fallait leur consacrer des compteurs, des câbles et des transformateurs spéciaux. La seule précaution à prendre consiste à intercaler sur le circuit un interrupteur à temps qui empêchera de prendre le courant pour le chauffage aux heures de la journée où l'on risquerait de dépasser la puissance maximum.

C'est à l'ingénieur électricien d'exposer clairement ses propositions en se plaçant au point de vue du consommateur et, enfin, une fois l'installation en marche, de consacrer à celle-ci une surveillance toute spéciale, car le temps qu'il aura dépensé ainsi lui sera peut-être plus profitable que celui nécessité par les négociations du contrat.

B. C.

Organisation rationnelle de la campagne commerciale d'une entreprise de distribution (1).

Les courbes en étages, telles que celles de la figure 1, tracées à la fin de chaque année, ne se prêtent pas à une analyse détaillée des conditions d'exploitation de la station centrale. Elles ne distinguent pas entre la charge permanente de 200 kw réclamée par tel puissant industriel et la charge fournie au client « d'un dollar par mois »; elles ne distinguent pas entre la qualité et la quantité d'énergie fournie, et leur étude ne permet pas de prévoir les points dangereux pour lesquels une réclame commerciale intense amènerait des troubles graves dans l'exploitation. L'auteur présente, dans cette note, une méthode d'analyse très intéressante et fort utile.

Le développement de toute station centrale résulte de deux facteurs : d'abord, l'augmentation naturelle de charge due à l'accroissement normal de la population, à l'éducation, etc.; nous appellerons ce facteur : accroissement naturel; ensuite, la sollicitation active ou campagne commerciale; l'augmentation de charge due à ce facteur sera appelée la « charge créée ».

Il est évident que les nouvelles charges de provenance

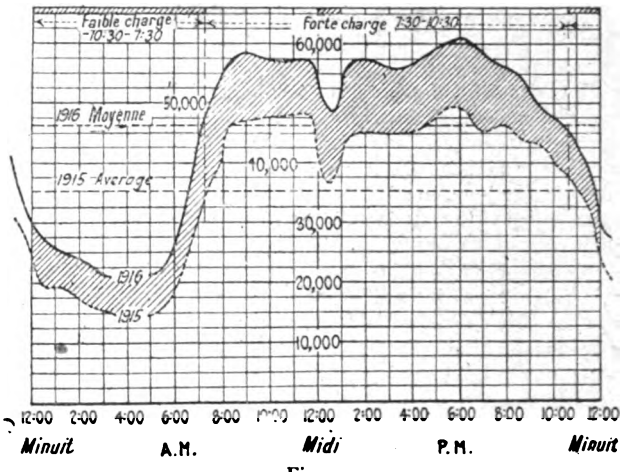


Fig. 1.

naturelle doivent avoir des caractéristiques très semblables à celles de la charge déjà existante; leurs pointes doivent très probablement coïncider avec les pointes existantes; comme ces charges sont venues d'elles-mêmes augmenter le débit de la station, leurs caractéristiques ne sont pas revisables. Il n'en est pas de même des charges nouvelles « créées »; il dépendra de l'initiative des agents commerciaux de la station de les répartir convenablement dans les creux de la courbe de charge existante. On voit donc qu'une étude détaillée des caractéristiques de charge de l'année précédente doit être entreprise et que l'effort commercial de l'année nouvelle devra consister à créer des charges qui aplaniront la courbe générale.

L'auteur va donner un exemple se rapportant à la Western Central Station; la méthode d'analyse, qui est l'idée directrice, peut d'ailleurs être appliquée à n'importe quel type de courbe de charge.

Il a pris comme exemple de charges « créées », la charge consommée dans les fourneaux électriques de cuisine et la charge employée au chauffage de l'eau; ces deux charges ont, en effet, des caractéristiques directement opposées; de plus, le service domestique semble être le but de la majeure partie de l'effort commercial dans les stations ayant un service d'eau. Reportons-nous à la figure 1; le creux de midi fut, en 1916, aussi profond qu'en 1915; les pointes existent aux mêmes heures dans les deux courbes; tout ce que cette figure nous apprend, c'est que la consommation a un peu augmenté; c'est tout. Considérons, au contraire, la figure 2. Le trait plein représente l'augmentation actuelle de la charge; il offre une pointe aiguë à 18 h; nous reportant à la figure 1, nous voyons que 18 h est l'heure où une augmentation de charge est la moins désirable; la petite pointe de midi, au contraire, pourrait être avantageusement développée en vue de combler le creux de midi si apparent dans la figure 1. Le troisième point de croissance rapide a lieu entre 7 h 30 et 8 h, correspondant au démarrage de nombreux moteurs dans les usines; inutile donc de chercher à augmenter la charge à ces heures-là. La courbe tracée en pointillé est une courbe typique de la

(1) W.-S. Leffler. *Electrical World*, 24 février 1917, p. 361-363.

Digitized by Google

charge nécessitée par les cuisines électriques. La dernière courbe montre les caractéristiques de charge d'un foyer de chauffage d'eau; ses pointes se produisent peu de temps après les repas au moment du lavage de la vaisselle, la plus grande de toutes se produisant vers 22 h, coïncidant avec

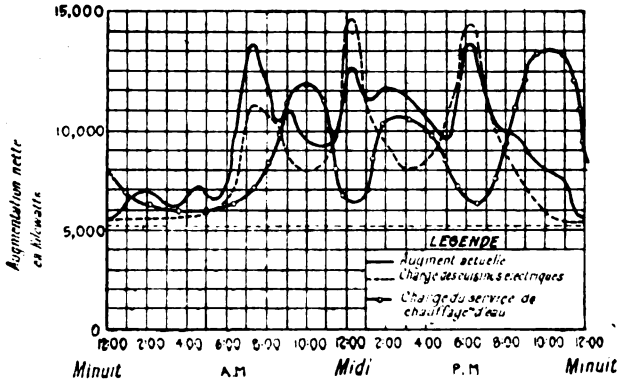


Fig. 2.

le lavage de la vaisselle après le dîner et les bains d'eau chaude. On voit que la courbe correspondant aux fourneaux de cuisine suit, point par point, la courbe de croissance normale; il y a donc intérêt à ralentir le placement de nouveaux appareils de cuisine électrique, tandis qu'on peut développer largement le service d'eau chaude.

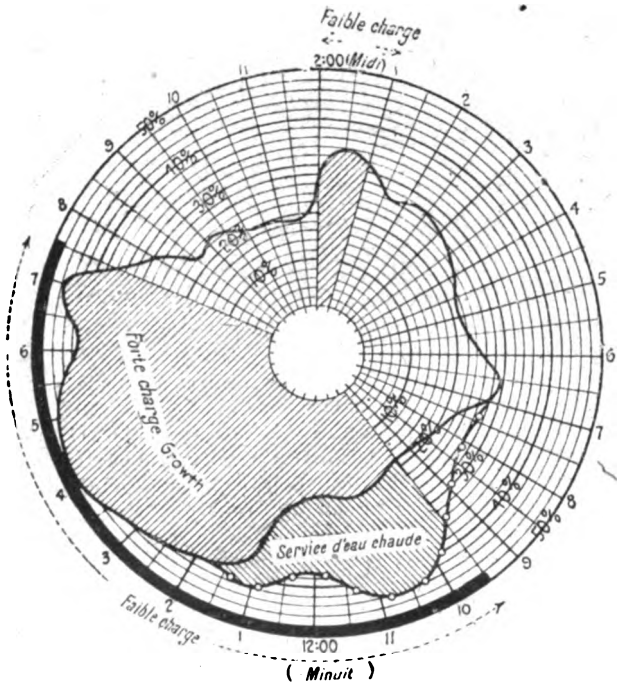


Fig. 3.

Quelles que soient les stations centrales et les conditions locales d'exploitation, on peut représenter chaque classe de charge par une courbe séparée que l'on superposera aux courbes, telles que celles de la figure 2. Ces courbes ainsi superposées donneront aux exploitants une idée précise des valeurs relatives des divers services de la station; elles leur permettront d'organiser leur campagne commerciale d'une façon tout à fait rationnelle et profitable à la marche régulière de la station; enfin, elles permettront encore d'établir les prix de revient par kilowatt fourni dans les différents services, prix de revient qui sont fonction des difficultés rencontrées dans le développement de ces services. La comparaison de ces prix de revient conduira à une véritable sélection entre les applications diverses et tout naturellement, on concentrera l'effort commercial vers l'expansion des services à gros rendement.

La figure 3 est une représentation de l'expansion annuelle en fonction du pourcentage d'accroissement. Puisque l'effort commercial a surtout pour but de remplir les creux de la courbe de charge, cette représentation dans laquelle les « creux » ont été ombrés, rend un compte exact de l'effort commercial réalisé. Par exemple, un représentant qui aurait provoqué une augmentation de charge pendant une période de « creux », telle que celle correspondant au chauffage de l'eau, aurait accompli un travail vraiment exceptionnel.

P. V.

La protection contre les surintensités dans la centrale de Golpa (1).

Le premier projet d'installation de la station centrale de Golpa consistait tout d'abord à transporter une puissance de 60 000 kw à une distance de 25 km sous une tension de 80 000 v. Une augmentation de puissance de 30 000 kw à distribuer sous 6 000 v directement ne fut envisagée qu'ultérieurement. Pour les services auxiliaires de l'usine et les besoins de la mine de lignite qui l'alimente en combustible, une puissance totale de 6 000 kw est nécessaire. La salle des machines comprend 8 turbo-alternateurs de chacun 22 500 kv-a, bobinés directement pour 6 000 v.

Les 60 000 kw transportés sous 80 000 v à une distance de 25 km sont distribués par deux lignes portant chacune deux circuits, soit au total $2 \times 2 \times 3$ conducteurs. Chaque ligne est calculée pour pouvoir supporter la puissance totale en admettant naturellement une perte plus élevée que dans le cas de l'alimentation normale. Pour ce service, on utilise les quatre premières machines. La construction des turbo-alternateurs est telle que, sous excitation normale, le courant de court-circuit est limité à quinze fois le courant normal. Au lieu d'utiliser le montage ordinaire de la figure 1, consistant à faire débiter les quatre alternateurs en parallèle sur des barres omnibus 6 000 v, on emploie le schéma de la figure 2. Dans ce schéma, les alternateurs sont directement réunis aux transformateurs correspondants, chaque transformateur formant un ensemble avec son alternateur. Le couplage en parallèle se fait du côté 80 000 v dans le poste de couplage du sous-traitant situé à 25 km de la station centrale. On a prévu autant de lignes de départ qu'il y a d'alternateurs, de sorte que chacun d'eux débite normalement sur sa ligne spéciale. A la station centrale, on a toutefois prévu des barres omnibus fractionnées, permettant le couplage en parallèle du côté 80 000 v, pour obvier à l'inconvénient d'une mise hors service accidentelle d'une des lignes de départ. Cette disposition présente deux avantages principaux:

1° On supprime du côté 6 000 v des canalisations très encombrantes, pour lesquelles on se voyait obligé de pré-

(1) G. Klingenberg. *Elektrotechnische Zeitschrift*, 14 décembre 1916 t. L, p. 681-682, 2 fig.

Digitized by Google

voir une résistance mécanique extraordinairement élevée. En admettant en effet le montage de la figure 1, il faudrait compter aux points K sur une intensité de court-circuit de 130 000 A.

2° On introduit directement en série avec chaque alternateur la réactance propre du transformateur correspondant et de la ligne sur laquelle débite chaque ensemble. Cette disposition permet donc d'amortir considérablement les courts-circuits.

Le courant nécessaire aux services extérieurs de l'usine est directement pris au bornes de chaque alternateur. Une disposition spéciale des barres omnibus 6 000 v permet d'alimenter ces barres par l'un quelconque des turbo-alternateurs.

Pour augmenter encore la protection contre les surintensités, une bobine de réactance B est disposée sur le circuit principal de chaque alternateur, une bobine de réactance A sur chaque dérivation allant aux barres omnibus des services extérieurs.

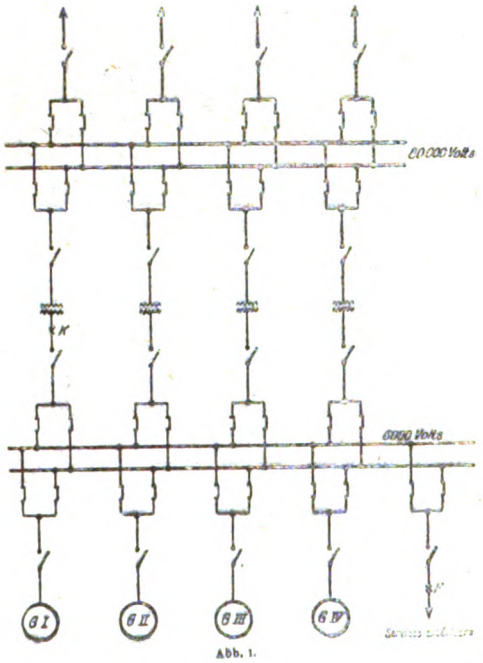


Abb. 1.

Fig. 1. — Montage normal d'alternateurs débitant ou parallèle sur les mêmes barres omnibus.

Les services auxiliaires de l'usine sont également pris directement aux bornes des alternateurs, immédiatement après les bobines A. Ces services auxiliaires sont alimentés sous 500 v au moyen de transformateurs abaisseurs. Les pompes de circulation et les pompes à air des condenseurs sont doubles pour chaque unité ; une moitié est alimentée par des moteurs électriques sous 500 v, l'autre moitié par des turbines à vapeur. Les bobines de réactance A et B sont installées sur le même bâti. La présence des bobines A permet en outre de coupler sans danger en parallèle les alternateurs sur les barres omnibus 6 000 v des services extérieurs.

D'une manière générale, l'auteur préconise les principes suivants, dans l'établissement des grandes usines génératrices.

a) En cas de court-circuit, il faut aussi bien protéger les machines et les appareils contre des actions mécaniques exagérées que contre de grandes élévations de température.

b) La protection contre les surintensités est de beaucoup

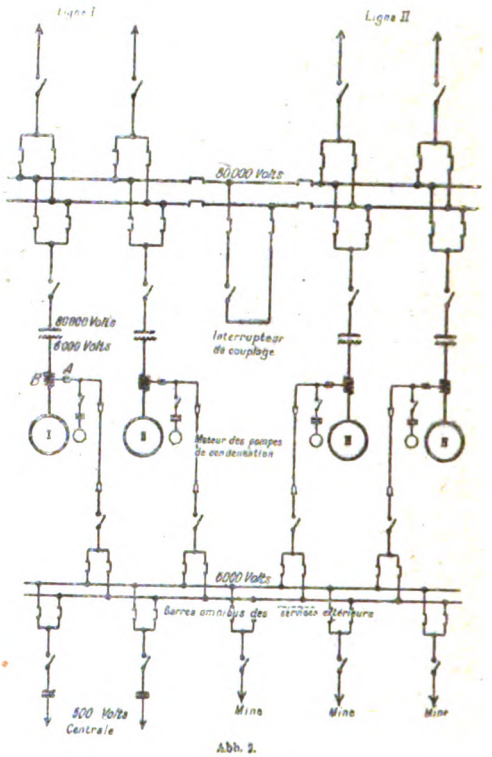


Abb. 2.

Fig. 2. — Connexion directe des alternateurs avec leur transformateur individuel.

plus importante pour les grandes centrales qu'une protection parfaite contre les surtensions.

c) La meilleure protection contre ces dernières consiste à observer partout un coefficient uniforme de sécurité suffisamment élevé, en tenant compte que ce coefficient doit être plus grand à l'intérieur des appareils que pour les parties des circuits qui leur sont reliées

La station de Golpa a été construite en appliquant ces trois principes avec le plus de rigueur possible. Malgré l'importance de l'usine, on a complètement laissé de côté la question de la protection contre les surtensions jusqu'à présent ; les résultats semblent donner raison à cette manière de voir, car d'après l'auteur, aucun accident ne s'est produit jusqu'ici, malgré de nombreux et violents orages.

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

Assemblées générales

Énergie électrique du Littoral méditerranéen.

Assemblée générale ordinaire du 9 juin 1917.

Dans l'analyse que nous avons donnée des Assemblées générales ordinaire et extraordinaire tenues en 1916 (1), nous avions présenté un aperçu des différentes solutions envisagées par l'Energie électrique du Littoral méditerranéen pour augmenter ses moyens de production d'énergie. L'urgence des besoins de l'industrie et des services de la Défense nationale ont fait passer en première ligne la solution qui donnait la puissance la plus considérable avec la durée des travaux la plus réduite; aussi la préférence a-t-elle été donnée à l'aménagement immédiat de la chute située sur la Durance au confluent du Largue et du Verdon, d'autant plus que cette chute est la plus rapprochée de la région de Marseille et de l'étang de Berre où les demandes d'énergie sont les plus nombreuses. La chute nette est de 50 m et elle sera équipée pour une puissance de 40 000 ch au début et de 70 000 ch ultérieurement. Le choix de cette chute n'implique d'ailleurs aucune renonciation aux projets d'aménagement rationnel des forces de la Turée dont l'étude est poursuivie activement.

La capacité de production des usines actuellement en exploitation a été encore accrue au cours de l'exercice, et, grâce à un régime favorable des eaux, il a été fait un faible appel aux réserves thermiques. La chute du Largue sur la Durance, équipée avec trois groupes de 3 000 ch, a été mise en service au mois d'août et diverses améliorations ont été apportées aux usines de Ventavon, de la Brillanne et de Fontau.

Le nombre de polices d'éclairage était au 31 décembre 1916 de 10 656, en augmentation de 1 534, et la clientèle de force motrice, desservie directement, comprenait 723 abonnés, en augmentation de 62 pour une puissance supplémentaire de 2 114 ch.

Les recettes d'exploitation se sont élevées à 11 043 605 fr, en augmentation de 2 482 384 fr; l'augmentation des dépenses d'exploitation a été sensiblement proportionnelle à celle des recettes, de telle sorte que le produit d'exploitation ressort à 5 172 810 fr contre 4 024 275 fr en 1915, ce qui représente un accroissement des résultats bruts de 1 148 534 fr. Cette progression s'est encore améliorée pendant l'exercice en cours dont les recettes brutes au 30 avril 1917 dépassaient de 900 000 fr celles de la période correspondante de 1916, alors qu'à la même date de l'année précédente l'augmentation des recettes sur celles de 1915 était de 660 000 fr.

Le produit de l'exercice, déduction faite de diverses charges, se monte à 3 412 355 fr, dont il a été déduit 439 724 fr pour amortissement de matériel, d'outillage, ainsi que de 754 obligations, et 350 000 fr qui ont été attribués au compte « Régularisation des frais de production à vapeur ».

Le solde disponible de 2 858 157 fr, comprenant le report à nouveau de l'exercice précédent, a permis la distribution d'un dividende de 6 pour 100 aux actions, soit 2 pour 100 de plus qu'en 1915.

Nous donnons ci-dessous le bilan au 31 décembre 1916.

Bilan au 31 décembre 1917.

Actif.

	fr
Frais de constitution	1 »
Frais de premier établissement	1 »
Frais d'études	1 »
Mobilier et outillage	1 »
Dépenses d'installations	83 754 637,94
Haute Durance et Narturby	4 201 130,80
Portefeuille	2 291 014 »
Matériel en location	227 567,22
Approvisionnements	1 526 804,69
Caisses et comptes courants	2 161 297,59
Factures à recouvrer	1 622 821,15
Débiteurs divers	858 373,79
Impots sur titres à recouvrer	123 962,21
Comptes d'ordres et divers	41 886,34
	96 809 499,73

Passif.

	fr
Capital	38 000 000 »
Obligations	34 902 647,90
Réserve légale	579 056,64
Fonds d'amortissement du capital	582 000 »
Réserve d'amortissement	2 480 852,75
Provision pour dépenses exceptionnelles	1 000 000 »
Régularisation des frais de production à vapeur	1 375 365,25
Provision pour exercice 1917	450 000 »
Fournisseurs et entrepreneurs	1 766 144,51
Créditeurs divers	8 380 785,16
Cautionnements et avances des clients	78 579,45
Travaux et installations à régler par annuités	3 028 396,13
Coupons à payer et obligations à rembourser	1 209 938,83
Comptes d'ordre et divers	117 645,20
Profits et pertes	2 858 157,91
	96 809 499,73

Société Lyonnaise des forces motrices du Rhône.

Assemblée générale ordinaire du 2 juin 1917.

Le dernier exercice dont les comptes ont été soumis à l'Assemblée générale du 2 juin est caractérisé par une activité industrielle exceptionnelle résultant de la fabrication

(1) Voir *R. G. E.* du 13 janvier 1917, n° 2, p. 73.

Digitized by Google

intensive du matériel de guerre dans la région de Lyon, et, d'autre part, par une hausse considérable des matières premières et de la main-d'œuvre.

L'accroissement énorme de la production d'énergie est sans exemple pour la Société, le nombre d'hectowatts-heure produit, ayant passé de 672 818 en 1913 à 840 115 600 et le nombre d'abonnés de 32 855 à 38 466.

Ce résultat a nécessité un large concours de l'usine thermique, mais il est intéressant de noter que l'usine de Fouage a pu économiser à la France, au cours de l'exercice, grâce à son énergie hydraulique, plus de 100 000 t de charbon. Aussi, pour faire face à l'accroissement des demandes, la Société a-t-elle dû augmenter la capacité de production de son usine thermique par l'installation d'un nouveau groupe de turbo-alternateurs et de chaudières, et prendre la décision d'équiper une de ses chutes de la haute Isère qui pourra apporter un appoint vers la fin de 1918.

Les produits d'exploitation de l'exercice ont atteint 7 952 400 fr, au lieu de 5 848 000 fr précédemment.

Les dépenses d'exploitation sont passées de 722 750 fr en 1915 à 1 579 785 fr en 1916, principalement en raison de la hausse du charbon. L'exercice laisse un produit brut de 8 111 248 fr, supérieur de 2 263 598 fr à celui de 1915.

Le bénéfice net à répartir ressort à 3 968 143 fr, au lieu de 2 867 571 fr en 1915.

En raison du surmenage extraordinaire imposé à l'ancien matériel ainsi que du prix exceptionnellement élevé des installations neuves exécutées pendant l'exercice et qui exigent un amortissement rapide, une répartition spéciale de bénéfices a été décidée.

Les actions ont reçu un dividende de 29 fr contre précédemment 21 fr, et les parts qui n'avaient rien reçu depuis le début de la guerre se sont vu attribuer 28 fr.

Pour les raisons exposées ci-dessus les sommes suivantes ont été affectées aux réserves : réserve légale, 198 407 fr; pour dépréciation à faire subir par suite des majorations des prix des travaux de l'année, au compte « Installations hydro-électriques et réseau de canalisation », 260 000 fr, et au compte « Domaine privé », 240 000 fr; amortissement du compte de premier établissement, « Compte spécial », 300 000 fr; « Compte concession », 150 000 fr; pour le « Renouvellement du matériel », 650 000 fr, soit, au total, 1 808 407 fr.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1916.

Actif.

	fr
Compte de premier établissement.	
Concession :	
Terrains et canal de dérivation	26 096 066,02
Installations hydro-électriques, réseau de canalisation	22 878 988,34
Domaine privé :	
Terrains, transformateurs, colonnes montantes, éclairage d'escaliers, raccordements, usine de secours, force hydraulique et divers	13 153 852,41
Compte spécial	7 736 598,27
Matériel, mobilier et outillage	73 993,05
Moteurs, compteurs en magasin	875 882,45
Recette en recouvrement. Abonnés	2 206 492,13
Débiteurs divers	798 590,75
Avances à l'enregistrement	166 941,80
Portefeuille	533 788 »
Caisse et banquiers	3 978 102,27
	78 499 295,89

Passif.

	fr
Capital	30 000 000 »
Obligations 4 pour 100 en circulation	23 647 110 »
— amorties	2 352 660 »
Coupons à payer	283 304,21
Intérêts courus sur obligations	251 565 »
Fournisseurs, comptes ordinaires et retenues de garantie	1 286 083,45
Amortissement sur compte spécial de premier amortissement	7 000 000 »
Amortissement sur compte de la concession	450 000 »
Réserve légale	1 480 242,75
Provision pour débiteurs	956 701,25
Provision pour renouvellement du matériel et entretien	4 174 146,28
Coupons sur actions (solde du dividende 1915)	630 000 »
Fonds d'amortissement des actions	69 000 »
Prime sur émission 1911	1 250 000 »
Profits et pertes :	
Reliquat des exercices antérieurs	250 341,31
Bénéfices nets de l'exercice 1916	3 968 143,64
Domaine privé	1 450 000 »
	78 499 295,89

Société des Chemins de fer et Tramways du Var et du Gard (Tramways de Toulon).

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 22 MARS 1917.

Les recettes d'exploitations se sont élevées à 1 921 717 fr contre 1 880 694 fr en 1915, en augmentation de 41 023 fr. L'augmentation aurait pu être plus sensible si le défaut de personnel et la réduction du matériel roulant n'avaient obligé de diminuer, dans une certaine mesure, l'intensité des services.

Les dépenses d'exploitations ayant été de 1 140 177 fr, les bénéfices bruts de l'exercice ressortent à 815 501 fr contre 814 255 fr en 1915.

Ces résultats ont permis le maintien du dividende de 9 fr mis en distribution l'année précédente, et l'affectation au compte « Provision pour accidents et renouvellements » d'une somme de 100 000 fr égale à la dotation de l'exercice précédent.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1916.

Actif.

	fr
Compte de premier établissement	10 320 257,29
Cautionnements déposés par la Compagnie	23 000 »
Approvisionnements	259 645,23
En caisse, chez les banquiers et en portefeuille	827 866,84
Débiteurs divers et compte d'ordre	46 881,89
Acompte sur dividende de 1916	240 000 »
	11 717 651,25

Passif.

	fr
Capital actions	4 000 000 »
Obligations 4 pour 100 en circulation	4 739 480 »
Cautionnements déposés à la Société	28 545,45
Créditeurs divers et comptes d'ordre	152 439,74
Obligations à rembourser	68 345,30
Coupons à payer	241 426,84
Réserve légale	400 000 »
Provision pour accidents et renouvellements	934 473,97
Amortissement par remboursement d'obligations	608 520 »
Bénéfices reportés des exercices antérieurs	29 758,60
Profits et pertes de l'exercice 1916	514 661,35
	11 717 651,25

Digitized by Google

SECTION DE LÉGISLATION

Concessions concurrentes de distribution d'énergie électrique

RECHERCHE DE L'ÉQUIVALENCE DES CONDITIONS
AVIS DE LA SECTION DES TRAVAUX PUBLICS DU CONSEIL D'ÉTAT

Dans un article paru au mois d'août 1915 (1) dans « La Lumière électrique », nous avions essayé de rechercher la solution à donner à la question de l'équivalence des conditions devant être imposées, par application de l'article 8, § 1er de la loi du 15 juin 1906, en cas de concurrence entre une entreprise préexistante et une entreprise en instance d'autorisation, soit sous le régime de la permission de voirie, soit sous celui de la concession.

Nous avions ramené le problème à la résolution des deux questions suivantes :

1° A quelles entreprises concurrentes s'applique la réserve de l'équivalence des conditions ? (Cette réserve s'applique-t-elle en cas de concurrence entre une concession et une permission ou seulement en cas de concurrence entre deux concessions ?)

2° De quelles conditions s'agit-il ?

Nous avions exposé à cette époque que la concurrence entre concession et permission peut se produire dans deux hypothèses :

a) Une permission de voirie ayant été accordée, une concession est demandée ultérieurement par une entreprise concurrente.

a^1) Une concession ayant été accordée, une permission de voirie est demandée ultérieurement par une entreprise concurrente.

Ainsi que nous l'avions démontré, la réponse à la première hypothèse *a* est donnée par la loi elle-même dans le paragraphe 4 de l'article 5.

Quant à la deuxième hypothèse *a*^{1} — concurrence entre une concession préexistante et une permission ultérieure — nous croyons nécessaire, pour la compréhension de la présente étude, de rappeler sommairement ce que nous disions à ce sujet.

On ne peut bien évidemment arriver à l'équivalence qu'en comparant les conditions imposées à chacune des deux entreprises, mais, sous cette réserve : qu'on ne peut comparer que des choses comparables.

Or, quelle comparaison peut-on faire entre une concession et une permission de voirie sur le terrain commercial où nous place l'article 8, § 1er, car il s'agit — ne l'oublions pas — de concurrence commerciale.

La loi et les règlements vont encore nous répondre sur ce point, comme dans la première hypothèse *a*, déjà envisagée.

En effet, aux termes de l'article 5, § 2 de la loi de 1906, les arrêtés de voirie — les seuls actes officiels imposant des conditions aux permissionnaires — ne peuvent prescrire aucune disposition relative aux « conditions commerciales » de l'exploitation.

Alors, sur quelles bases s'établir pour rechercher l'équivalence ?

Où se trouvent les conditions commerciales à comparer ?

Ainsi que le fait remarquer la circulaire du 1er octobre 1912 relative aux permissions de voirie, dans son paragraphe 2 (in fine), aucun acte officiel ne règle et n'approuve les conditions « d'exploitation » d'une entreprise autorisée en vertu d'une permission de voirie.

Y a-t-il donc lieu d'admettre que l'on doive, en vue de la recherche de l'équivalence, comparer le traité d'exploitation, passé par la commune avec le permissionnaire et fixant le prix de vente de l'énergie électrique au public, avec l'article 11 du cahier des charges-type qui détermine ce même prix pour les entreprises autorisées par concession ? Nous ne le pensons pas, car, même l'imposition au permissionnaire d'un prix de vente fixé à un chiffre identique à celui prévu au cahier des charges de la concession préexistante ne réaliserait pas forcément l'équivalence recherchée puisque les deux entreprises n'ont pas, par ailleurs, des charges identiques ni même comparables.

Il n'y a, en réalité, aucune commune mesure entre les conditions des deux entreprises au point de vue commercial.

Aux points de vue technique et administratif déterminés, eux, par un acte officiel, l'arrêté de voirie, les seules conditions comparables, comme susceptibles de se résoudre en charges ou avantages pécuniaires pour le permissionnaire, paraissent limitées au mode d'établissement des canalisations — aérien ou souterrain, ce dernier beaucoup plus coûteux — à la fixation du taux des redevances et du chiffre des frais de contrôle. Hors de là, pas de points de contact entre une concession et une permission de voirie pour la distribution publique de l'énergie électrique.

Est-ce, dès lors, sur ces seuls points que doit porter la comparaison en vue d'arriver à l'équivalence entre les deux entreprises ?

Il le semble bien et ce serait donc là, réduite à sa vraie étendue, la portée que le législateur aurait entendu donner à l'article 8, § 1er, en cas de concurrence entre une concession préexistante et une permission de voirie demandée ultérieurement.

(1) Numéros des 28 août et 4 septembre 1915. « Concessions concurrentes de distribution d'énergie électrique. Aperçu sur la recherche de l'équivalence des conditions ».

Digitized by Google

Tout en laissant cette conclusion comme fiche de consolation à ceux qui auraient le désir d'interpréter la loi avec d'aussi courtes vues, nous nous refusons à admettre que telle ait été l'intention du législateur.

Le Conseil d'État, consulté par le Sous-Secrétariat des transports sur l'interprétation à donner à l'article 8, § 1er de la loi du 15 juin 1906, vient, par un très intéressant avis du 25 avril 1917, d'éclairer enfin l'obscurité entourant jusqu'à ce jour le sens de cet article qui avait donné lieu à de nombreuses controverses.

Sur les conclusions formulées par le distingué rapporteur, M. Jules Gautier, la Section des Travaux publics a mis tout le monde d'accord en déclarant que de la comparaison des divers articles de la loi de 1906 susceptibles de permettre d'élucider la question de l'équivalence des conditions en cas de concurrence entre une concession préexistante et une permission ultérieure, il résulte une contradiction évidente entre lesdits articles. Que notamment, après avoir entendu maintenir formellement entre les entreprises de distribution d'énergie électrique le principe de la concurrence et l'égalité dans les conditions qui leur sont consenties par les autorités compétentes, le législateur de 1906 a, d'autre part, exclu des permissions de voirie toute disposition d'ordre commercial et toute taxe autre que les redevances dues pour l'occupation du domaine public et a, dès lors, rendu impossible l'établissement, entre les permissions sollicitées et les concessions préexistantes, de l'équivalence de conditions imposée par l'article 8 précité.

La Section arrive alors à cette conclusion que seul le pouvoir législatif peut faire disparaître ces contradictions qui rendent l'article 8, § 1er inapplicable en cas de concurrence entre une concession antérieurement accordée et une permission en instance d'autorisation.

Il semble d'ailleurs indispensable de citer in extenso le texte de cet avis afin d'en faire ressortir nettement toute la portée et de permettre à ceux de nos lecteurs qui sont peu familiarisés avec le langage purement juridique de la Haute Assemblée, de suivre plus facilement les quelques explications que nous donnons ici.

CONSEIL D'ÉTAT

SECTION DES TRAVAUX PUBLICS ET DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES, DE L'AGRICULTURE, DU COMMERCE ET DE L'INDUSTRIE, DU TRAVAIL ET DE LA PRÉVOYANCE SOCIALE.

Avis du 25 avril 1917.

La Section des Travaux publics et des Postes et des Télégraphes, de l'Agriculture, du Commerce et de l'Industrie, du Travail et de la Prévoyance sociale du Conseil d'État, consultée par le Sous-Secrétaire d'État des transports sur l'interprétation qu'il convient de donner à l'article 8 de la loi du 15 juin 1906 en ce qui concerne l'égalité des conditions entre les entreprises de distribution d'énergie électrique.

Considérant que la loi du 15 juin 1906 sur les distributions d'énergie électrique stipule, dans son *article 3* : qu'une distribution d'énergie électrique empruntant sur tout ou partie de son parcours les voies publiques peut être établie ou exploitée, soit en vertu de permissions de voirie sans durée déterminée.... soit en vertu de concessions d'une durée déterminée avec cahier des charges et tarif maximum... Avec ou sans déclaration d'utilité publique; « qu'elle peut, suivant la demande de l'entrepreneur, être soumise simultanément dans des communes différentes à des régimes différents, soit celui des permissions de voirie, sur une partie de son réseau, soit celui de la concession simple ou celui de la concession déclarée d'utilité publique dans d'autres parties »; dans son *article 5* :

« Que les permissions de voirie ne peuvent prescrire aucune disposition relative aux conditions commerciales de l'exploitation »; qu'elles « ne peuvent imposer au permissionnaire aucune charge pécuniaire autre que les redevances prévues au paragraphe 7 de l'article 18 de la même loi »..., c'est-à-dire, comme il est écrit audit article 18, celles « qui sont dues à l'État, aux départements et aux communes en raison de l'occupation du domaine public par les ouvrages des entreprises concédées ou munies d'une permission de voirie »; enfin qu' « aucune permission de voirie ne peut faire obstacle à ce qu'il soit accordé sur les mêmes voies des permissions ou concessions concurrentes »; dans son *article 8* : qu' « aucune concession ne peut faire obstacle à ce qu'il soit accordé des permissions de voirie ou une concession à une entreprise concurrente, sous la réserve que celle-ci n'aura pas des conditions plus avantageuses »; que « toutefois l'acte par lequel une commune ou un syndicat de communes donne la concession de l'éclairage public ou privé sur tout ou partie de son territoire peut stipuler que le concessionnaire aura seul le droit d'utiliser les voies publiques dépendant de la commune ou des communes syndiquées dans les limites de sa concession en vue de pourvoir à l'éclairage privé par une distribution publique d'énergie, sans que cependant ce privilège puisse s'étendre à l'emploi de l'énergie à tous autres usages que l'éclairage ni à son emploi accessoire pour l'éclairage des locaux dans lesquels l'énergie est ainsi utilisée; les permissions de voirie délivrées par le préfet, et les actes de concession passés au nom de l'État devront tenir compte de ce privilège dans les obligations imposées aux permissionnaires et concessionnaires;

Considérant qu'il résulte de ce qui précède que le législateur a, d'une part, entendu maintenir formellement entre les entreprises de distribution d'énergie électrique et malgré les divers régimes prévus pour leur exploitation, le principe de la concurrence et l'égalité dans les conditions qui leur sont consenties par les autorités compétentes; que cependant il a, d'autre part, exclu des permissions de voirie toute disposition d'ordre commercial et toute taxe autre que celles qui sont dues pour l'occupation du domaine public de l'État, des départements ou des communes; que, par suite, il est impossible d'établir entre les permissions sollicitées et les concessions déjà existantes l'égalité de conditions prévues par l'article 8; que cette constatation fait ressortir dans la loi du 15 juin 1906 une contradiction que seul le pouvoir législatif pourrait faire disparaître;

Mais considérant qu'après comme avant la loi du 15 juin 1906, l'Administration de qui relève l'octroi des permissions de voirie garde le pouvoir d'apprécier si elles sont compatibles avec la sauvegarde des intérêts généraux dont elle a la charge; que, par suite, et toutes les fois qu'il ne s'agit pas uniquement de desservir exclusivement les établissements du permissionnaire, elle est fondée à préférer,

Digitized by Google

comme l'ont prescrit diverses circulaires ministérielles et notamment celle du 1er octobre 1912, le régime de la concession à celui de la permission de voirie, s'il apparaît que ce dernier mode d'exploitation n'est pas conforme à l'intérêt général :

Est d'avis de répondre dans le sens des observations qui précèdent.

D'après les termes de cet arrêt on peut synthétiser comme suit, en un tableau comparatif, les divergences entre les articles incriminés de cette loi, adoptée, presque sans débats, par le Parlement dans les séances du 27 février 1906 à la Chambre des députés et du 12 juin 1906 au Sénat.

Permissions de voirie.	*Concessions.*
Sans durée limitée.	Durée déterminée.
Sans cahier des charges.	Avec cahier des charges.
Sans tarif maximum.	Avec tarif maximum.
Sans possibilité de déclaration d'utilité publique.	Avec possibilité de déclaration d'utilité publique.
Ne peuvent prescrire aucune condition commerciale.	Peuvent comporter des conditions commerciales.
Ne peuvent imposer aucune charge pécuniaire autre que les redevances pour occupation du domaine public.	Doivent comporter, en outre des redevances, l'obligation de tarifs réduits pour les services publics.
Aucune permission ne peut faire obstacle à ce qu'il soit accordé sur les mêmes voies des permissions ou des concessions concurrentes.	Aucune concession ne peut faire obstacle à ce qu'il soit accordé des permissions de voirie ou une concession sous réserve que celle-ci n'aura pas des conditions plus avantageuses.
Pas d'enquête obligatoire.	Une enquête obligatoire.
Pas de monopole d'utilisation des voies publiques.	Peuvent obtenir le monopole de l'utilisation des voies publiques.

On voit, par cet exposé, combien il serait difficile de se conformer aux prescriptions de l'article 8, § 1er.

En attendant les dix années qui sont généralement nécessaires au Parlement pour voter une loi nouvelle ou modifier une loi existante, le Conseil d'État a eu la délicate attention de rappeler à l'Administration qu'elle avait en mains un viatique qui lui permettra d'atteindre, sans trop de peine, cet avenir lointain. Il rappelle, en effet, que le ministère des Travaux publics, de qui relève l'octroi des permissions de voirie, a toujours le pouvoir d'apprécier si elles sont compatibles avec la sauvegarde des intérêts dont il a la charge et que, par suite, il pourra toujours éviter les fils de fer barbelés de l'article 8 en invitant, par application des circulaires du 3 août 1908 et du 1er octobre 1912, le concurrent permissionnaire à transformer sa demande de permission de voirie en demande de concession — ce qui est tout à fait conforme d'ailleurs aux intérêts bien compris de l'industrie électrique et des industriels eux-mêmes.

Ajoutons, en terminant, que dans l'avant-dernier paragraphe de l'avis ci-dessus cité du Conseil d'État les mots : *toutes les fois qu'il ne s'agit pas uniquement de desservir exclusivement les établissements du permissionnaire.....* visent le cas d'un industriel demandant une permission de voirie pour relier, par exemple, deux des locaux dépendant de son industrie qui sont séparés par une voie publique.

La permission de voirie n'a, dans cette circonstance, aucun caractère de « distribution publique » susceptible de concurrencer l'entreprise préexistante : c'est une distribution privée ou plus exactement une ligne particulière de distribution comme la qualifie la circulaire du 1er octobre 1912. Elle ne peut, naturellement, être autorisée que par permission de voirie puisque la concession suppose toujours une distribution d'énergie au public, ce qui n'est pas le cas.

Ces lignes particulières ne rentrent d'ailleurs pas dans le domaine d'application de l'article 8, § 1er de la loi et le rapporteur de cette affaire devant la Section des Travaux publics du Conseil d'État a ainsi, très justement, pris soin de le faire observer.

J. de Rigney.

Législation, jurisprudence, réglementation

Tribunaux.

Tribunal civil de la Seine. — Jugement du 8 mai 1917 : affaire Société The Aron Electricity Meter Ltd, de Londres, contre M. Navarre, séquestre de la Compagnie des compteurs Aron, Levallois-Perret.

Du numéro des 23 et 24 mai 1917 du journal « La Loi », nous extrayons le jugement suivant rendu en référé au tribunal de la Seine, le 8 mai 1917, jugement qui intéressera nos lecteurs, car il s'agit d'une Compagnie ayant des fabriques situées en Allemagne et diverses Sociétés en Angleterre, France, Autriche-Hongrie, Italie, Belgique, Espagne, toutes subordonnées à leur fondatrice, la firme allemande.

Nous, président. — Attendu que la Société Aron Electricity Meter Limited demande que soit levé le séquestre mis sur les intérêts allemands dans la Compagnie des compteurs Aron ; qu'elle se fonde sur ce que cette Compagnie n'aurait pas d'existence propre ; qu'elle-même serait, en réalité, propriétaire de l'intégralité de l'actif ; qu'aucun intérêt allemand n'existerait donc qui pût être placé sous séquestre ;

Attendu que la liste de présence des actionnaires de la Compagnie des compteurs Aron ayant participé à la dernière Assemblée générale avant les hostilités (2 mai 1914) comporte, au contraire, un certain nombre d'actions aux mains de trois sujets allemands, l'un d'eux Aron, porteur de 1 500 actions ; que le directeur de ladite Compagnie était un Allemand, Mierisch, lequel paraissait avoir dans l'affaire une telle autorité que le 1er août, au moment où il partait pour rejoindre son poste d'officier dans l'armée ennemie, il décidait à lui seul qui serait, en son absence, le directeur intérimaire : « étant donnée l'absence éventuelle de MM. Mierisch et Rosenwald, M. Mierisch décide de donner les pouvoirs de la Compagnie, dans les termes de l'article 20 des

Digitized by Google

statuts, à M. Paul Wahl, avocat, 12, rue Louvois, qui accepte » ;

Attendu que la Société Aron Electricity Meter Limited compte elle-même un grand nombre d'actionnaires allemands ; qu'elle produit, il est vrai, des attestations selon lesquelles toutes ces attributions ne répondraient pas à la réalité ; qu'il n'y aurait là qu'une apparence qu'elle entendrait rejeter pour apparaître seul maître et propriétaire de l'exploitation industrielle des compteurs Aron, dans son intégralité, et où qu'elle se poursuivit, aussi bien en France et même en Allemagne, qu'en Angleterre ;

Attendu qu'il convient, à cet égard, de relever un prospectus allemand versé au débat par la Société anglaise, lequel semble la contradiction même de sa prétention ; qu'en tête, attirant violemment l'attention, se trouve le nom H. Aron et l'indication d'une Société allemande au capital de 7 000 000 de marks Elektrizitätszählerfabrik — Berlin — Charlottenburg — fabriques à Charlottenburg, Schweidnitz, Londres, Paris, Vienne et Budapest ; qu'au-dessous figurent, dans six divisions identiques d'un même cadre, six Sociétés placées ainsi dans une subordination égale à la Société allemande, chacune de ces divisions étant affectée à l'un des pays où s'exerce l'industrie H. Aron : Angleterre, Autriche-Hongrie, Belgique, France, Italie, Espagne, avec le nom de la Société qui lui est spéciale : In England. Aron, Electricity Meter Limited ; In Frankreich Compagnie des compteurs Aron ; In Oesterreich Ungarn Elektra Apparatebau, etc. ;

Attendu qu'il est vrai qu'il paraît résulter d'avis insérés dans un journal de Berlin, que le patrimoine allemand de la Société anglaise aurait été mis sous séquestre ; qu'il aurait été procédé de même pour la Société allemande ci-dessus ; que, toutefois, en ce qui concerne cette dernière, cette mesure aurait été rapportée après la remise de ses diverses entreprises à des ressortissants allemands ; que les raisons et conditions de ces mises sous séquestre ne sont pas précisées ;

Attendu qu'en l'état de ces renseignements, il ne paraît pas possible d'accueillir la demande portée devant nous ; que les rapports entre les Sociétés allemande, anglaise et française sont incertains ; que le prospectus plus haut analysé attribuerait à la Société allemande la prééminence que revendique la Société anglaise ; qu'en raison même des agissements avoués par cette dernière, les combinaisons auxquelles il a pu être recouru demeurent mal définies ;

Qu'il n'est, dès lors, possible de faire état que des indications qui ont déterminé la mise sous séquestre, lesquelles émanent de la Société elle-même, tenue par la loi de respecter la vérité ;

Par ces motifs, — Disons n'y avoir lieu à rapporter l'ordonnance du 16 novembre 1914 plaçant sous séquestre les intérêts allemands dans la Compagnie des compteurs Aron.

Loi concernant l'application de l'article 5 de la loi du 1er juillet 1916. (Contribution extraordinaire sur les bénéfices réalisés pendant la guerre.)

Le « Journal officiel » du 6 juin 1917 publie, p. 4402, le texte de loi suivant promulgué le 2 juin 1917 par le président de la République :

Article unique. — Pour l'application de l'article 5 de la loi du 1er juillet 1916, le principal de patente susceptible de servir de base à l'évaluation forfaitaire du bénéfice normal doit s'entendre de la moyenne des principaux de la patente se rapportant aux trois dernières années antérieures à 1914.

Si le contribuable n'a été patenté que postérieurement au 1er juillet 1911, l'évaluation forfaitaire du bénéfice normal sera effectuée d'après la moyenne des principaux de la patente imposée jusqu'au 1er août 1914.

La présente loi, délibérée et adoptée par le Sénat et par la Chambre des députés, sera exécutée comme loi de l'Etat.

Décret fixant la date du recensement professionnel des hommes de seize à soixante ans non présents sous les drapeaux.

Le « Journal officiel » du 13 juin 1917 publie, p. 4592, le décret suivant pris en date du 11 juin 1917 :

ARTICLE PREMIER. — Le recensement prescrit par le décret susvisé aura lieu le dimanche 8 juillet 1917.

ART. 2. — Tout homme de seize à soixante ans, non présent sous les drapeaux, est tenu de faire sa déclaration à la mairie de la commune où il se trouvera dans la nuit du samedi 7 au dimanche 8 juillet 1917.

ART. 3. — Le ministre de l'Intérieur et le ministre du Travail et de la Prévoyance sociale sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret, qui sera inséré au *Bulletin des lois* et publié au *Journal officiel*.

Décret approuvant la concession d'un réseau de distribution publique d'énergie électrique sur le territoire de la commune d'Aubusson (Creuse).

Le « Journal officiel » du 7 juin 1917 publie, p. 4437, le décret suivant, pris en date du 29 mai 1917 :

ARTICLE PREMIER. — Est approuvée la Convention passée, le 1er janvier 1917, entre le maire de la ville d'Aubusson (Creuse) agissant au nom de la commune, et MM. Charles et Henri Sallandrouze, industriels à Aubusson, pour la concession, sur le territoire de la commune d'Aubusson, d'un réseau de distribution publique d'énergie électrique, pour tous usages, conformément aux clauses et conditions du cahier des charges, en date du 1er janvier 1917, annexé à cette Convention et suivant les dispositions du plan ci-dessus visé.

Ladite Convention, ainsi que le cahier des charges et le plan précités, resteront annexés au présent décret.

ART. 2. — Le ministre des Travaux publics et des Transports est chargé de l'exécution du présent décret.

Ce décret est suivi de la publication du cahier des charges.

ERRATUM DU NUMÉRO DU 12 MAI 1917

Dans l'article sur le « Calcul des coups de bélier dans les conduites munies d'un réservoir d'air » par C. Camichel, nous tenons à signaler les erreurs suivantes que l'auteur nous prie de rectifier :

Fig. 1 et 2, p. 724, la phrase : ... la courbe supérieure est déterminée par le calcul, la courbe inférieure expérimentalement, — ne fait pas partie de cet article, elle doit être remplacée par la légende suivante :

Fig. 1. — Courbe des surpressions. $U_0 = 490$ cm sous la pression de 735 mm de mercure $T = 1°C$.
Fig. 2. — id $U_0 = 720$ cm id. id id.

FIN DU TOME I

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

32101 049823048

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google